

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-6650

(P2003-6650A)

(43) 公開日 平成15年1月10日 (2003.1.10)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード* (参考)
G 0 6 T 7/20		G 0 6 T 7/20	A 5 B 0 5 7
3/00	4 0 0	3/00	4 0 0 A 5 C 0 2 3
H 0 4 N 7/24		H 0 4 N 5/262	5 C 0 5 9
// H 0 4 N 5/262		7/13	Z 5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 66 頁)

(21) 出願番号 特願2001-186407(P2001-186407)

(22) 出願日 平成13年6月20日 (2001.6.20)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 近藤 哲二郎

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 石橋 淳一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 100082131

弁理士 稲本 義雄

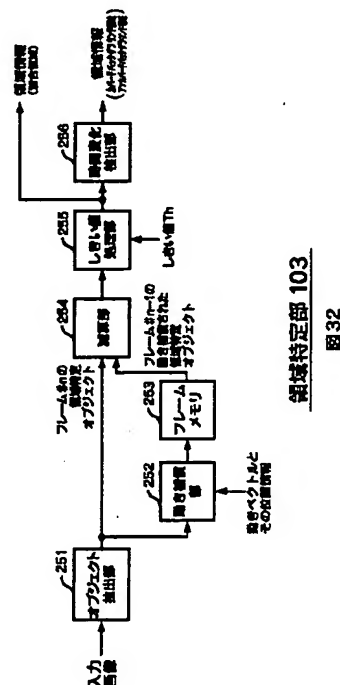
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置および方法、記録媒体、並びにプログラム

(57) 【要約】

【課題】 混ざり合いが生じている領域を検出する。

【解決手段】 オブジェクト抽出部251は、入力画像から、前景オブジェクトを抽出して、前景の画像オブジェクトおよび背景領域に属することを示す値から構成される領域特定オブジェクトを生成する。動き補償部252は、供給された動きベクトルおよびその位置情報を基に、領域特定オブジェクトを動き補償する。減算部254は、オブジェクト抽出部251から供給されたフレーム#nの領域特定オブジェクトの前景領域に属する画素の画素値から、対応する位置の、フレームメモリ253から供給されたフレーム#n-1の領域特定オブジェクトの前景領域に属する画素の画素値を減算して、前景領域に属する画素のフレーム差分を求める。しきい値処理部255は、差分に基づいて、混合領域を検出する。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 時間積分効果を有する所定数の画素を有する撮像素子によって取得された所定数の画素データからなる画像データから、現実世界における複数のオブジェクトが混ざり合った前記画素データとして取得された混合領域を検出する画像処理装置において、前記画像データの各フレームを動き補償する動き補償手段と、

動き補償された各フレームの互いに対応する位置の前記画素データの差分に基づいて、前記混合領域を検出する領域検出手段とを含むことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 前記領域検出手段は、前記差分が閾値以上である場合、少なくとも前記画素データが属する前記混合領域を検出することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】 前記領域検出手段は、検出された前記混合領域の時間変化に基づいて、時間の変化とともに前景となる前記オブジェクトの成分が増加するカバードバックグラウンド領域と、時間の変化とともに背景となる前記オブジェクトの成分が増加するアンカバードバックグラウンド領域とをさらに検出することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項4】 前記領域検出手段は、各フレームの前記画素データに対応する動きベクトルに基づいて、時間の変化とともに前景となる前記オブジェクトの成分が増加するカバードバックグラウンド領域と、時間の変化とともに背景となる前記オブジェクトの成分が増加するアンカバードバックグラウンド領域とをさらに検出することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項5】 前記動きベクトルを検出する動きベクトル検出手段をさらに含むことを特徴とする請求項4に記載の画像処理装置

【請求項6】 前記オブジェクトの前記画素データにおける混合状態を示す混合比を算出する混合比算出手段をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項7】 前記混合比を基に、前記混合領域の前記画素データから少なくとも前景となる前記オブジェクトの成分を分離する分離手段をさらに含むことを特徴とする請求項6に記載の画像処理装置。

【請求項8】 分離された前景となる前記オブジェクトの成分の動きボケの量を調整する動きボケ調整手段をさらに含むことを特徴とする請求項7に記載の画像処理装置。

【請求項9】 前記混合比を基に、所望の他のオブジェクトと分離された前景となる前記オブジェクトの成分とを合成する合成手段をさらに含むことを特徴とする請求項7に記載の画像処理装置。

【請求項10】 前記動き補償手段は、注目している注目フレームの前記複数のオブジェクトのうちの背景オブ

ジェクトと、前記注目フレームの周辺の周辺フレームの前記背景オブジェクトとの画素位置が同位置となるように、前記周辺フレームをシフトすることにより動き補償し、

前記領域検出手段は、前記動き補償された前記周辺フレームと前記注目フレームとの差分に基づいて、少なくとも前記混合領域を検出することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項11】 前記領域検出手段は、動き補償された前記周辺フレームと前記注目フレームとの対応する画素位置の前記画素データ同士の差分に基づいて、静動判定を行う静動判定手段を含み、

前記領域検出手段は、前記静動判定手段の判定結果に基づいて、前記画素位置に対して、前記複数のオブジェクトのうちの前景オブジェクトを構成する前景オブジェクト成分のみからなる前景領域、前記背景オブジェクトを構成する背景オブジェクト成分のみからなる背景領域、または前記混合領域を検出することを特徴とする請求項10に記載の画像処理装置。

【請求項12】 前記領域検出手段は、前記静動判定手段の判定結果に基づいて、前記混合領域における前記前景オブジェクトの動き方向後端側に形成されるアンカバードバックグラウンド領域を特定すると共に、前記前景オブジェクトの動き方向先端側に形成されるカバードバックグラウンド領域を特定することを特徴とする請求項11に記載の画像処理装置。

【請求項13】 時間積分効果を有する所定数の画素を有する撮像素子によって取得された所定数の画素データからなる画像データから、現実世界における複数のオブジェクトが混ざり合った前記画素データとして取得された混合領域を検出する画像処理方法において、前記画像データの各フレームを動き補償する動き補償ステップと、

動き補償された各フレームの互いに対応する位置の前記画素データの差分に基づいて、前記混合領域を検出する領域検出ステップとを含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項14】 時間積分効果を有する所定数の画素を有する撮像素子によって取得された所定数の画素データからなる画像データから、現実世界における複数のオブジェクトが混ざり合った前記画素データとして取得された混合領域を検出する画像処理用のプログラムであって、前記画像データの各フレームを動き補償する動き補償ステップと、

動き補償された各フレームの互いに対応する位置の前記画素データの差分に基づいて、前記混合領域を検出する領域検出ステップとを含むことを特徴とするコンピュータが読み取り可能なプログラムが記録されている記録媒体。

【請求項15】 時間積分効果を有する所定数の画素を有する撮像素子によって取得された所定数の画素データからなる画像データから、現実世界における複数のオブジェクトが混ざり合った前記画素データとして取得された混合領域を検出するコンピュータに、前記画像データの各フレームを動き補償する動き補償ステップと、動き補償された各フレームの互いに対応する位置の前記画素データの差分に基づいて、前記混合領域を検出する領域検出ステップとを実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理装置および方法、記録媒体、並びにプログラムに関し、特に、センサにより検出した信号と現実世界との違いを考慮した画像処理装置および方法、記録媒体、並びにプログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】現実世界における事象をセンサで検出し、画像センサが出力するサンプリングデータを処理する技術が広く利用されている。

【0003】例えば、静止している所定の背景の前で移動する物体をビデオカメラで撮像して得られる画像には、物体の移動速度が比較的高速の場合、動きボケが生じることになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】静止している背景の前で物体が移動するとき、移動する物体の画像自身の混ざり合いによる動きボケのみならず、背景の画像と移動する物体の画像との混ざり合いが生じる。従来は、背景の画像と移動する物体の画像との混ざり合いの状態に対応する処理は、考えられていなかった。

【0005】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、混ざり合いが生じている領域を検出することができるようにすることを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の画像処理装置は、画像データの各フレームを動き補償する動き補償ステップと、動き補償された各フレームの互いに対応する位置の画素データの差分に基づいて、混合領域を検出する領域検出手段とを含むことを特徴とする。

【0007】領域検出手段は、差分が閾値以上である場合、少なくとも画素データが属する混合領域を検出するようにすることができる。

【0008】領域検出手段は、検出された混合領域の時間変化に基づいて、時間の変化とともに前景となるオブジェクトの成分が増加するカバードバックグラウンド領域と、時間の変化とともに背景となるオブジェクトの成分が増加するアンカバードバックグラウンド領域とをさらに検出するようにすることができる。

【0009】領域検出手段は、各フレームの画素データに対応する動きベクトルに基づいて、時間の変化とともに前景となるオブジェクトの成分が増加するカバードバックグラウンド領域と、時間の変化とともに背景となるオブジェクトの成分が増加するアンカバードバックグラウンド領域とをさらに検出するようにすることができる。

【0010】画像処理装置は、動きベクトルを検出する動きベクトル検出手段をさらに設けることができる。

【0011】画像処理装置は、オブジェクトの画素データにおける混合状態を示す混合比を算出する混合比算出手段をさらに設けることができる。

【0012】画像処理装置は、混合比を基に、混合領域の画素データから少なくとも前景となるオブジェクトの成分を分離する分離手段をさらに設けることができる。

【0013】画像処理装置は、分離された前景となるオブジェクトの成分の動きボケの量を調整する動きボケ調整手段をさらに設けることができる。

【0014】画像処理装置は、混合比を基に、所望の他のオブジェクトと分離された前景となるオブジェクトの成分とを合成する合成手段をさらに設けることができる。

【0015】動き補償手段は、注目している注目フレームの複数のオブジェクトのうちの背景オブジェクトと、注目フレームの周辺の周辺フレームの背景オブジェクトとの画素位置が同位置となるように、周辺フレームをシフトすることにより動き補償し、領域検出手段は、動き補償された周辺フレームと注目フレームとの差分に基づいて、少なくとも混合領域を検出するようにすることができる。

【0016】領域検出手段は、動き補償された周辺フレームと注目フレームとの対応する画素位置の画素データ同士の差分に基づいて、静動判定を行う静動判定手段を含み、領域検出手段は、静動判定手段の判定結果に基づいて、画素位置に対して、複数のオブジェクトのうちの前景オブジェクトを構成する前景オブジェクト成分のみからなる前景領域、背景オブジェクトを構成する背景オブジェクト成分のみからなる背景領域、または混合領域を検出するようにすることができる。

【0017】領域検出手段は、静動判定手段の判定結果に基づいて、混合領域における前景オブジェクトの動き方向後端側に形成されるアンカバードバックグラウンド領域を特定すると共に、前景オブジェクトの動き方向先端側に形成されるカバードバックグラウンド領域を特定するようにすることができる。

【0018】本発明の画像処理方法は、画像データの各フレームを動き補償する動き補償ステップと、動き補償された各フレームの互いに対応する位置の画素データの差分に基づいて、混合領域を検出する領域検出ステップとを含むことを特徴とする。

【0019】本発明の記録媒体のプログラムは、画像データの各フレームを動き補償する動き補償ステップと、動き補償された各フレームの互いに対応する位置の画素データの差分に基づいて、混合領域を検出する領域検出ステップとを含むことを特徴とする。

【0020】本発明のプログラムは、画像データの各フレームを動き補償する動き補償ステップと、動き補償された各フレームの互いに対応する位置の画素データの差分に基づいて、混合領域を検出する領域検出ステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0021】本発明の画像処理装置および方法、記録媒体、並びにプログラムにおいては、画像データの各フレームが動き補償され、動き補償された各フレームの互いに対応する位置の画素データの差分に基づいて、混合領域が検出される。

【0022】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る信号処理装置の一実施の形態を示す図である。CPU (Central Processing Unit) 21は、ROM (Read Only Memory) 22、または記憶部28に記憶されているプログラムに従って各種の処理を実行する。RAM (Random Access Memory) 23には、CPU 21が実行するプログラムやデータなどが適宜記憶される。これらのCPU 21、ROM 22、およびRAM 23は、バス24により相互に接続されている。

【0023】CPU 21にはまた、バス24を介して入出力インタフェース25が接続されている。入出力インタフェース25には、キーボード、マウス、マイクロホンなどよりなる入力部26、ディスプレイ、スピーカなどよりなる出力部27が接続されている。CPU 21は、入力部26から入力される指令に対応して各種の処理を実行する。そして、CPU 21は、処理の結果得られた画像や音声等を出力部27に出力する。

【0024】入出力インタフェース25に接続されている記憶部28は、例えばハードディスクなどで構成され、CPU 21が実行するプログラムや各種のデータを記憶する。通信部29は、インターネット、その他のネットワークを介して外部の装置と通信する。この例の場合、通信部29はセンサの出力を取り込む取得部として働く。

【0025】また、通信部29を介してプログラムを取得し、記憶部28に記憶してもよい。

【0026】入出力インタフェース25に接続されているドライブ30は、磁気ディスク51、光ディスク52、光磁気ディスク53、或いは半導体メモリ54などが装着されたとき、それらを駆動し、そこに記録されているプログラムやデータなどを取得する。取得されたプログラムやデータは、必要に応じて記憶部28に転送され、記憶される。

【0027】図2は、信号処理装置を示すブロック図である。

【0028】なお、信号処理装置の各機能をハードウェアで実現するか、ソフトウェアで実現するかは問わない。つまり、本明細書の各ブロック図は、ハードウェアのブロック図と考えても、ソフトウェアによる機能ブロック図と考えても良い。

【0029】この明細書では、撮像の対象となる、現実世界におけるオブジェクトに対応する画像を、画像オブジェクトと称する。

【0030】信号処理装置に供給された入力画像は、オブジェクト抽出部101、領域特定部103、混合比算出部104、および前景背景分離部105に供給される。

【0031】オブジェクト抽出部101は、入力画像に含まれる前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトを粗く抽出して、抽出した画像オブジェクトを動き検出部102に供給する。オブジェクト抽出部101は、例えば、入力画像に含まれる前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトの輪郭を検出することで、前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトを粗く抽出する。

【0032】オブジェクト抽出部101は、入力画像に含まれる背景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトを粗く抽出して、抽出した画像オブジェクトを動き検出部102に供給する。オブジェクト抽出部101は、例えば、入力画像と、抽出された前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトとの差から、背景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトを粗く抽出する。

【0033】また、例えば、オブジェクト抽出部101は、内部に設けられている背景メモリに記憶されている背景の画像と、入力画像との差から、前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクト、および背景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトを粗く抽出するようにしてもよい。

【0034】動き検出部102は、例えば、ブロックマッチング法、勾配法、位相相関法、およびベルリカーシブ法などの手法により、粗く抽出された前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトの動きベクトルを算出して、算出した動きベクトルおよび動きベクトルの位置情報(動きベクトルに対応する画素の位置を特定する情報)を領域特定部103および動きボケ調整部106に供給する。

【0035】動き検出部102が出力する動きベクトルには、動き量 $v$ に対応する情報が含まれている。

【0036】また、例えば、動き検出部102は、画像オブジェクトに画素を特定する画素位置情報と共に、画像オブジェクト毎の動きベクトルを動きボケ調整部106に出力するようにしてもよい。

【0037】動き量 $v$ は、動いているオブジェクトに対応する画像の位置の変化を画素間隔を単位として表す値である。例えば、前景に対応するオブジェクトの画像



が、あるフレームを基準として次のフレームにおいて4画素分離した位置に表示されるように移動しているとき、前景に対応するオブジェクトの画像の動き量 $v$ は、4とされる。

【0038】なお、オブジェクト抽出部101および動き検出部102は、動いているオブジェクトに対応した動きボケ量の調整を行う場合に必要となる。

【0039】領域特定部103は、入力された画像の画素のそれぞれを、前景領域、背景領域、または混合領域のいずれかに特定し、画素毎に前景領域、背景領域、または混合領域のいずれかに属するかを示す情報（以下、領域情報と称する）を混合比算出部104、前景背景分離部105、および動きボケ調整部106に供給する。

【0040】混合比算出部104は、入力画像、および領域特定部103から供給された領域情報を基に、混合領域63に含まれる画素に対応する混合比（以下、混合比 $\alpha$ と称する）を算出して、算出した混合比を前景背景分離部105に供給する。

【0041】混合比 $\alpha$ は、後述する式（3）に示されるように、画素値における、背景のオブジェクトに対応する画像の成分（以下、背景の成分とも称する）の割合を示す値である。

【0042】前景背景分離部105は、領域特定部103から供給された領域情報、および混合比算出部104から供給された混合比 $\alpha$ を基に、前景のオブジェクトに対応する画像の成分（以下、前景の成分とも称する）のみから成る前景成分画像と、背景の成分のみから成る背景成分画像とに入力画像を分離して、前景成分画像を動きボケ調整部106および選択部107に供給する。なお、分離された前景成分画像を最終的な出力とすることも考えられる。従来の混合領域を考慮しないで前景と背景だけを特定し、分離していた方式に比べ正確な前景と背景を得ることが出来る。

【0043】動きボケ調整部106は、動きベクトルからわかる動き量 $v$ および領域情報を基に、前景成分画像に含まれる1以上の画素を示す処理単位を決定する。処理単位は、動きボケの量の調整の処理の対象となる1群の画素を指定するデータである。

【0044】動きボケ調整部106は、信号処理装置に入力された動きボケ調整量、前景背景分離部105から供給された前景成分画像、動き検出部102から供給された動きベクトルおよびその位置情報、並びに処理単位を基に、前景成分画像に含まれる動きボケを除去する、動きボケの量を減少させる、または動きボケの量を増加させるなど前景成分画像に含まれる動きボケの量を調整して、動きボケの量を調整した前景成分画像を選択部107に出力する。動きベクトルとその位置情報は使わないこともある。

【0045】ここで、動きボケとは、撮像の対象となる、現実世界におけるオブジェクトの動きと、センサの

撮像の特性とにより生じる、動いているオブジェクトに対応する画像に含まれている歪みをいう。

【0046】選択部107は、例えば使用者の選択に対応した選択信号を基に、前景背景分離部105から供給された前景成分画像、および動きボケ調整部106から供給された動きボケの量が調整された前景成分画像のいずれか一方を選択して、選択した前景成分画像を出力する。

【0047】次に、図3乃至図18を参照して、信号処理装置に供給される入力画像について説明する。

【0048】図3は、センサによる撮像を説明する図である。センサは、例えば、固体撮像素子であるCCD（Charge-Coupled Device）エリアセンサを備えたCCDビデオカメラなどで構成される。現実世界における、前景に対応するオブジェクトは、現実世界における、背景に対応するオブジェクトと、センサとの間を、例えば、図中の左側から右側に水平に移動する。

【0049】センサは、前景に対応するオブジェクトを、背景に対応するオブジェクトと共に撮像する。センサは、撮像した画像を1フレーム単位で出力する。例えば、センサは、1秒間に30フレームから成る画像を出力する。センサの露光時間は、 $1/30$ 秒とすることができる。露光時間は、センサが入力された光の電荷への変換を開始してから、入力された光の電荷への変換を終了するまでの期間である。以下、露光時間をシャッター時間とも称する。

【0050】図4は、画素の配置を説明する図である。図4中において、A乃至Iは、個々の画素を示す。画素は、画像に対応する平面上に配置されている。1つの画素に対応する1つの検出素子は、センサ上に配置されている。センサが画像を撮像するとき、1つの検出素子は、画像を構成する1つの画素に対応する画素値を出力する。例えば、検出素子のX方向の位置は、画像上の横方向の位置に対応し、検出素子のY方向の位置は、画像上の縦方向の位置に対応する。

【0051】図5に示すように、例えば、CCDである検出素子は、シャッター時間に対応する期間、入力された光を電荷に変換して、変換された電荷を蓄積する。電荷の量は、入力された光の強さと、光が入力されている時間にはほぼ比例する。検出素子は、シャッター時間に対応する期間において、入力された光から変換された電荷を、既に蓄積されている電荷に加えていく。すなわち、検出素子は、シャッター時間に対応する期間、入力される光を積分して、積分された光に対応する量の電荷を蓄積する。検出素子は、時間に対して、積分効果があるとも言える。

【0052】検出素子に蓄積された電荷は、図示せぬ回路により、電圧値に変換され、電圧値は更にデジタルデータなどの画素値に変換されて出力される。従って、センサから出力される個々の画素値は、前景または背景に

対応するオブジェクトの空間的に広がりを持つるある部分を、シャッター時間について積分した結果である、1次元の空間に射影された値を有する。

【0053】信号処理装置は、このようなセンサの蓄積の動作により、出力信号に埋もれてしまった有意な情報、例えば、混合比 $\alpha$ を抽出する。信号処理装置は、前景の画像オブジェクト自身が混ざり合うことによる生ずる歪みの量、例えば、動きボケの量などを調整する。また、信号処理装置は、前景の画像オブジェクトと背景の画像オブジェクトとが混ざり合うことにより生ずる歪みの量を調整する。

【0054】図6は、動いている前景に対応するオブジェクトと、静止している背景に対応するオブジェクトとを撮像して得られる画像を説明する図である。図6

(A)は、動きを伴う前景に対応するオブジェクトと、静止している背景に対応するオブジェクトとを撮像して得られる画像を示している。図6(A)に示す例において、前景に対応するオブジェクトは、画面に対して水平に左から右に動いている。

【0055】図6(B)は、図6(A)に示す画像の1つのラインに対応する画素値を時間方向に展開したモデル図である。図6(B)の横方向は、図6(A)の空間方向Xに対応している。

【0056】背景領域の画素は、背景の成分、すなわち、背景のオブジェクトに対応する画像の成分のみから、その画素値が構成されている。前景領域の画素は、前景の成分、すなわち、前景のオブジェクトに対応する画像の成分のみから、その画素値が構成されている。

【0057】混合領域の画素は、背景の成分、および前景の成分から、その画素値が構成されている。混合領域は、背景の成分、および前景の成分から、その画素値が構成されているので、歪み領域ともいえる。混合領域は、更に、カバードバックグラウンド領域およびアンカバードバックグラウンド領域に分類される。

【0058】カバードバックグラウンド領域は、前景領域に対して、前景のオブジェクトの進行方向の前端部に対応する位置の混合領域であり、時間の経過に対応して背景成分が前景に覆い隠される領域をいう。

【0059】これに対して、アンカバードバックグラウンド領域は、前景領域に対して、前景のオブジェクトの進行方向の後端部に対応する位置の混合領域であり、時間の経過に対応して背景成分が現れる領域をいう。

【0060】このように、前景領域、背景領域、またはカバードバックグラウンド領域若しくはアンカバードバックグラウンド領域を含む画像が、領域特定部103、混合比算出部104、および前景背景分離部105に入力画像として入力される。

【0061】図7は、以上のような、背景領域、前景領域、混合領域、カバードバックグラウンド領域、およびアンカバードバックグラウンド領域を説明する図であ

る。図6に示す画像に対応する場合、背景領域は、静止部分であり、前景領域は、動き部分であり、混合領域のカバードバックグラウンド領域は、背景から前景に変化する部分であり、混合領域のアンカバードバックグラウンド領域は、前景から背景に変化する部分である。

【0062】図8は、静止している前景に対応するオブジェクトおよび静止している背景に対応するオブジェクトを撮像した画像における、隣接して1列に並んでいる画素の画素値を時間方向に展開したモデル図である。例えば、隣接して1列に並んでいる画素として、画面の1つのライン上に並んでいる画素を選択することができる。

【0063】図8に示すF01乃至F04の画素値は、静止している前景のオブジェクトに対応する画素の画素値である。図8に示すB01乃至B04の画素値は、静止している背景のオブジェクトに対応する画素の画素値である。

【0064】図8における縦方向は、図中の上から下に向かって時間が経過する。図8中の矩形の上辺の位置は、センサが入力された光の電荷への変換を開始する時刻に対応し、図8中の矩形の下辺の位置は、センサが入力された光の電荷への変換を終了する時刻に対応する。すなわち、図8中の矩形の上辺から下辺までの距離は、シャッター時間に対応する。

【0065】以下において、シャッター時間とフレーム間隔とが同一である場合を例に説明する。

【0066】図8における横方向は、図6で説明した空間方向Xに対応する。より具体的には、図8に示す例において、図8中の“F01”と記載された矩形の左辺から“B04”と記載された矩形の右辺までの距離は、画素のピッチの8倍、すなわち、連続している8つの画素の間隔に対応する。

【0067】前景のオブジェクトおよび背景のオブジェクトが静止している場合、シャッター時間に対応する期間において、センサに入力される光は変化しない。

【0068】ここで、シャッター時間に対応する期間を2つ以上の同じ長さの期間に分割する。例えば、仮想分割数を4とすると、図8に示すモデル図は、図9に示すモデルとして表すことができる。仮想分割数は、前景に対応するオブジェクトのシャッター時間内での動き量 $v$ などに対応して設定される。例えば、4である動き量 $v$ に対応して、仮想分割数は、4とされ、シャッター時間に対応する期間は4つに分割される。

【0069】図中の最も上の行は、シャッターが開いて最初の、分割された期間に対応する。図中の上から2番目の行は、シャッターが開いて2番目の、分割された期間に対応する。図中の上から3番目の行は、シャッターが開いて3番目の、分割された期間に対応する。図中の上から4番目の行は、シャッターが開いて4番目の、分割された期間に対応する。

【0070】以下、動き量 $v$ に対応して分割されたシャ

ット時間をシャッタ時間/vとも称する。

【0071】前景に対応するオブジェクトが静止しているとき、センサに入力される光は変化しないので、前景の成分F01/vは、画素値F01を仮想分割数で除した値に等しい。同様に、前景に対応するオブジェクトが静止しているとき、前景の成分F02/vは、画素値F02を仮想分割数で除した値に等しく、前景の成分F03/vは、画素値F03を仮想分割数で除した値に等しく、前景の成分F04/vは、画素値F04を仮想分割数で除した値に等しい。

【0072】背景に対応するオブジェクトが静止しているとき、センサに入力される光は変化しないので、背景の成分B01/vは、画素値B01を仮想分割数で除した値に等しい。同様に、背景に対応するオブジェクトが静止しているとき、背景の成分B02/vは、画素値B02を仮想分割数で除した値に等しく、B03/vは、画素値B03を仮想分割数で除した値に等しく、B04/vは、画素値B04を仮想分割数で除した値に等しい。

【0073】すなわち、前景に対応するオブジェクトが静止している場合、シャッタ時間に対応する期間において、センサに入力される前景のオブジェクトに対応する光が変化しないので、シャッタが開いて最初の、シャッタ時間/vに対応する前景の成分F01/vと、シャッタが開いて2番目の、シャッタ時間/vに対応する前景の成分F01/vと、シャッタが開いて3番目の、シャッタ時間/vに対応する前景の成分F01/vと、シャッタが開いて4番目の、シャッタ時間/vに対応する前景の成分F01/vとは、同じ値となる。F02/v乃至F04/vも、F01/vと同様の関係を有する。

【0074】背景に対応するオブジェクトが静止している場合、シャッタ時間に対応する期間において、センサに入力される背景のオブジェクトに対応する光は変化しないので、シャッタが開いて最初の、シャッタ時間/vに対応する背景の成分B01/vと、シャッタが開いて2番目の、シャッタ時間/vに対応する背景の成分B01/vと、シャッタが開いて3番目の、シャッタ時間/vに対応する背景の成分B01/vと、シャッタが開いて4番目の、シャッタ時間/vに対応する背景の成分B01/vとは、同じ値となる。B02/v乃至B04/vも、同様の関係を有する。

【0075】次に、前景に対応するオブジェクトが移動し、背景に対応するオブジェクトが静止している場合について説明する。

【0076】図10は、前景に対応するオブジェクトが図中の右側に向かって移動する場合の、カバードバックグラウンド領域を含む、1つのライン上の画素の画素値を時間方向に展開したモデル図である。図10において、前景の動き量vは、4である。1フレームは短い時間なので、前景に対応するオブジェクトが剛体であり、等速で移動していると仮定することができる。図10において、前景に対応するオブジェクトの画像は、あるフレームを基準として次のフレームにおいて4画素分右側

に表示されるように移動する。

【0077】図10において、最も左側の画素乃至左から4番目の画素は、前景領域に属する。図10において、左から5番目乃至左から7番目の画素は、カバードバックグラウンド領域である混合領域に属する。図10において、最も右側の画素は、背景領域に属する。

【0078】前景に対応するオブジェクトが時間の経過と共に背景に対応するオブジェクトを覆い隠すように移動しているので、カバードバックグラウンド領域に属する画素の画素値に含まれる成分は、シャッタ時間に対応する期間のある時点で、背景の成分から、前景の成分に替わる。

【0079】例えば、図10中に太線枠を付した画素値Mは、式(1)で表される。

$$\text{【0080】} \quad M = B02/v + B02/v + F07/v + F06/v \quad (1)$$

【0081】例えば、左から5番目の画素は、1つのシャッタ時間/vに対応する背景の成分を含み、3つのシャッタ時間/vに対応する前景の成分を含むので、左から5番目の画素の混合比 $\alpha$ は、1/4である。左から6番目の画素は、2つのシャッタ時間/vに対応する背景の成分を含み、2つのシャッタ時間/vに対応する前景の成分を含むので、左から6番目の画素の混合比 $\alpha$ は、1/2である。左から7番目の画素は、3つのシャッタ時間/vに対応する背景の成分を含み、1つのシャッタ時間/vに対応する前景の成分を含むので、左から7番目の画素の混合比 $\alpha$ は、3/4である。

【0082】前景に対応するオブジェクトが、剛体であり、前景の画像が次のフレームにおいて4画素右側に表示されるように等速で移動すると仮定できるので、例えば、図10中の左から4番目の画素の、シャッタが開いて最初の、シャッタ時間/vの前景の成分F07/vは、図10中の左から5番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分に等しい。同様に、前景の成分F07/vは、図10中の左から6番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分と、図10中の左から7番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分とに、それぞれ等しい。

【0083】前景に対応するオブジェクトが、剛体であり、前景の画像が次のフレームにおいて4画素右側に表示されるように等速で移動すると仮定できるので、例えば、図10中の左から3番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分F06/vは、図10中の左から4番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分に等しい。同様に、前景の成分F06/vは、図10中の左から5番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分と、図10中の左から6番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vに対応する前

景の成分とに、それぞれ等しい。

【0084】前景に対応するオブジェクトが、剛体であり、前景の画像が次のフレームにおいて4画素右側に表示されるように等速で移動すると仮定できるので、例えば、図10中の左から2番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分F05/vは、図10中の左から3番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vのに対応する前景の成分に等しい。同様に、前景の成分F05/vは、図10中の左から4番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分と、図10中の左から5番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分とに、それぞれ等しい。

【0085】前景に対応するオブジェクトが、剛体であり、前景の画像が次のフレームにおいて4画素右側に表示されるように等速で移動すると仮定できるので、例えば、図10中の最も左側の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分F04/vは、図10中の左から2番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分に等しい。同様に、前景の成分F04/vは、図10中の左から3番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分と、図10中の左から4番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分とに、それぞれ等しい。

【0086】動いているオブジェクトに対応する前景の領域は、このように動きボケを含むので、歪み領域とも言える。

【0087】図11は、前景が図中の右側に向かって移動する場合の、アンカバードバックグラウンド領域を含む、1つのライン上の画素の画素値を時間方向に展開したモデル図である。図11において、前景の動き量vは、4である。1フレームは短い時間なので、前景に対応するオブジェクトが剛体であり、等速で移動している

$$M = \alpha \cdot B + \sum_i F_i/v$$

ここで、 $\alpha$ は、混合比である。Bは、背景の画素値であり、 $F_i/v$ は、前景の成分である。

【0095】前景に対応するオブジェクトが剛体であり、等速で動くとは仮定でき、かつ、動き量vが4であるので、例えば、図11中の左から5番目の画素の、シャッタが開いて最初の、シャッタ時間/vの前景の成分F01/vは、図11中の左から6番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分に等しい。同様に、F01/vは、図11中の左から7番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分と、図11中の左から8番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分とに、それぞれ等しい。

【0096】前景に対応するオブジェクトが剛体であ

と仮定することができる。図11において、前景に対応するオブジェクトの画像は、あるフレームを基準として次のフレームにおいて4画素分右側に移動する。

【0088】図11において、最も左側の画素乃至左から4番目の画素は、背景領域に属する。図11において、左から5番目乃至左から7番目の画素は、アンカバードバックグラウンドである混合領域に属する。図11において、最も右側の画素は、前景領域に属する。

【0089】背景に対応するオブジェクトを覆っていた前景に対応するオブジェクトが時間の経過と共に背景に対応するオブジェクトの前から取り除かれるように移動しているので、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素の画素値に含まれる成分は、シャッタ時間に対応する期間のある時点で、前景の成分から、背景の成分に替わる。

【0090】例えば、図11中に太線枠を付した画素値M'は、式(2)で表される。

$$M' = F02/v + F01/v + B26/v + B26/v \quad (2)$$

【0092】例えば、左から5番目の画素は、3つのシャッタ時間/vに対応する背景の成分を含み、1つのシャッタ時間/vに対応する前景の成分を含むので、左から5番目の画素の混合比 $\alpha$ は、3/4である。左から6番目の画素は、2つのシャッタ時間/vに対応する背景の成分を含み、2つのシャッタ時間/vに対応する前景の成分を含むので、左から6番目の画素の混合比 $\alpha$ は、1/2である。左から7番目の画素は、1つのシャッタ時間/vに対応する背景の成分を含み、3つのシャッタ時間/vに対応する前景の成分を含むので、左から7番目の画素の混合比 $\alpha$ は、1/4である。

【0093】式(1)および式(2)をより一般化すると、画素値Mは、式(3)で表される。

【0094】

【数1】

(3)

り、等速で動くとは仮定でき、かつ、仮想分割数が4であるので、例えば、図11中の左から6番目の画素の、シャッタが開いて最初の、シャッタ時間/vの前景の成分F02/vは、図11中の左から7番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分に等しい。同様に、前景の成分F02/vは、図11中の左から8番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分に等しい。

【0097】前景に対応するオブジェクトが剛体であり、等速で動くとは仮定でき、かつ、動き量vが4であるので、例えば、図11中の左から7番目の画素の、シャッタが開いて最初の、シャッタ時間/vの前景の成分F03/vは、図11中の左から8番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vに対応する前景の成分に等

しい。

【0098】図9乃至図11の説明において、仮想分割数は、4であるとして説明したが、仮想分割数は、動き量 $v$ に対応する。動き量 $v$ は、一般に、前景に対応するオブジェクトの移動速度に対応する。例えば、前景に対応するオブジェクトが、あるフレームを基準として次のフレームにおいて4画素分右側に表示されるように移動しているとき、動き量 $v$ は、4とされる。動き量 $v$ に対応し、仮想分割数は、4とされる。同様に、例えば、前景に対応するオブジェクトが、あるフレームを基準として次のフレームにおいて6画素分左側に表示されるように移動しているとき、動き量 $v$ は、6とされ、仮想分割数は、6とされる。

【0099】図12および図13に、以上で説明した、前景領域、背景領域、カバードバックグラウンド領域若しくはアンカバードバックグラウンド領域から成る混合領域と、分割されたシャッタ時間に対応する前景の成分および背景の成分との関係を示す。

【0100】図12は、静止している背景の前を移動しているオブジェクトに対応する前景を含む画像から、前景領域、背景領域、および混合領域の画素を抽出した例を示す。図12に示す例において、前景に対応するオブジェクトは、画面に対して水平に移動している。

【0101】フレーム $\#n+1$ は、フレーム $\#n$ の次のフレームであり、フレーム $\#n+2$ は、フレーム $\#n+1$ の次のフレームである。

【0102】フレーム $\#n$ 乃至フレーム $\#n+2$ のいずれかから抽出した、前景領域、背景領域、および混合領域の画素を抽出して、動き量 $v$ を4として、抽出された画素の画素値を時間方向に展開したモデルを図13に示す。

【0103】前景領域の画素値は、前景に対応するオブジェクトが移動するので、シャッタ時間 $/v$ の期間に対応する、4つの異なる前景の成分から構成される。例えば、図13に示す前景領域の画素のうち最も左側に位置する画素は、 $F01/v$ 、 $F02/v$ 、 $F03/v$ 、および $F04/v$ から構成される。すなわち、前景領域の画素は、動きボケを含んでいる。

【0104】背景に対応するオブジェクトが静止しているので、シャッタ時間に対応する期間において、センサに入力される背景に対応する光は変化しない。この場合、背景領域の画素値は、動きボケを含まない。

【0105】カバードバックグラウンド領域若しくはアンカバードバックグラウンド領域から成る混合領域に属する画素の画素値は、前景の成分と、背景の成分とから構成される。

【0106】次に、オブジェクトに対応する画像が動いているとき、複数のフレームにおける、隣接して1列に並んでいる画素であって、フレーム上で同一の位置の画素の画素値を時間方向に展開したモデルについて説明する。例えば、オブジェクトに対応する画像が画面に対し

て水平に動いているとき、隣接して1列に並んでいる画素として、画面の1つのライン上に並んでいる画素を選択することができる。

【0107】図14は、静止している背景に対応するオブジェクトを撮像した画像の3つのフレームの、隣接して1列に並んでいる画素であって、フレーム上で同一の位置の画素の画素値を時間方向に展開したモデル図である。フレーム $\#n$ は、フレーム $\#n-1$ の次のフレームであり、フレーム $\#n+1$ は、フレーム $\#n$ の次のフレームである。他のフレームも同様に称する。

【0108】図14に示す $B01$ 乃至 $B12$ の画素値は、静止している背景のオブジェクトに対応する画素の画素値である。背景に対応するオブジェクトが静止しているので、フレーム $\#n-1$ 乃至フレーム $\#n+1$ において、対応する画素の画素値は、変化しない。例えば、フレーム $\#n-1$ における $B05$ の画素値を有する画素の位置に対応する、フレーム $\#n$ における画素、およびフレーム $\#n+1$ における画素は、それぞれ、 $B05$ の画素値を有する。

【0109】図15は、静止している背景に対応するオブジェクトと共に図中の右側に移動する前景に対応するオブジェクトを撮像した画像の3つのフレームの、隣接して1列に並んでいる画素であって、フレーム上で同一の位置の画素の画素値を時間方向に展開したモデル図である。図15に示すモデルは、カバードバックグラウンド領域を含む。

【0110】図15において、前景に対応するオブジェクトが、剛体であり、等速で移動すると仮定でき、前景の画像が次のフレームにおいて4画素右側に表示されるように移動するので、前景の動き量 $v$ は、4であり、仮想分割数は、4である。

【0111】例えば、図15中のフレーム $\#n-1$ の最も左側の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間 $/v$ の前景の成分は、 $F12/v$ となり、図15中の左から2番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間 $/v$ の前景の成分も、 $F12/v$ となる。図15中の左から3番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間 $/v$ の前景の成分、および図15中の左から4番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間 $/v$ の前景の成分は、 $F12/v$ となる。

【0112】図15中のフレーム $\#n-1$ の最も左側の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間 $/v$ の前景の成分は、 $F11/v$ となり、図15中の左から2番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間 $/v$ の前景の成分も、 $F11/v$ となる。図15中の左から3番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間 $/v$ の前景の成分は、 $F11/v$ となる。

【0113】図15中のフレーム $\#n-1$ の最も左側の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間 $/v$ の前景の成分は、 $F10/v$ となり、図15中の左から2番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間 $/v$ の前景の

成分も、F10/vとなる。図15中のフレーム#n-1の最も左側の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F09/vとなる。

【0114】背景に対応するオブジェクトが静止しているので、図15中のフレーム#n-1の左から2番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの背景の成分は、B01/vとなる。図15中のフレーム#n-1の左から3番目の画素の、シャッタが開いて最初および2番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B02/vとなる。図15中のフレーム#n-1の左から4番目の画素の、シャッタが開いて最初乃至3番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B03/vとなる。

【0115】図15中のフレーム#n-1において、最も左側の画素は、前景領域に属し、左側から2番目乃至4番目の画素は、カバードバックグラウンド領域である混合領域に属する。

【0116】図15中のフレーム#n-1の左から5番目の画素乃至12番目の画素は、背景領域に属し、その画素値は、それぞれ、B04乃至B11となる。

【0117】図15中のフレーム#nの左から1番目の画素乃至5番目の画素は、前景領域に属する。フレーム#nの前景領域における、シャッタ時間/vの前景の成分は、F05/v乃至F12/vのいずれかである。

【0118】前景に対応するオブジェクトが、剛体であり、等速で移動すると仮定でき、前景の画像が次のフレームにおいて4画素右側に表示されるように移動するので、図15中のフレーム#nの左から5番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分は、F12/vとなり、図15中の左から6番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F12/vとなる。図15中の左から7番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vの前景の成分、および図15中の左から8番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F12/vとなる。

【0119】図15中のフレーム#nの左から5番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F11/vとなり、図15中の左から6番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F11/vとなる。図15中の左から7番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F11/vとなる。

【0120】図15中のフレーム#nの左から5番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F10/vとなり、図15中の左から6番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F10/vとなる。図15中のフレーム#nの左から5番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F09/vとなる。

【0121】背景に対応するオブジェクトが静止してい

るので、図15中のフレーム#nの左から6番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの背景の成分は、B05/vとなる。図15中のフレーム#nの左から7番目の画素の、シャッタが開いて最初および2番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B06/vとなる。図15中のフレーム#nの左から8番目の画素の、シャッタが開いて最初乃至3番目の、シャッタ時間/vの背景の成分は、B07/vとなる。

【0122】図15中のフレーム#nにおいて、左側から6番目乃至8番目の画素は、カバードバックグラウンド領域である混合領域に属する。

【0123】図15中のフレーム#nの左から9番目の画素乃至12番目の画素は、背景領域に属し、画素値は、それぞれ、B08乃至B11となる。

【0124】図15中のフレーム#n+1の左から1番目の画素乃至9番目の画素は、前景領域に属する。フレーム#n+1の前景領域における、シャッタ時間/vの前景の成分は、F01/v乃至F12/vのいずれかである。

【0125】前景に対応するオブジェクトが、剛体であり、等速で移動すると仮定でき、前景の画像が次のフレームにおいて4画素右側に表示されるように移動するので、図15中のフレーム#n+1の左から9番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分は、F12/vとなり、図15中の左から10番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F12/vとなる。図15中の左から11番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vの前景の成分、および図15中の左から12番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F12/vとなる。

【0126】図15中のフレーム#n+1の左から9番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの期間の前景の成分は、F11/vとなり、図15中の左から10番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F11/vとなる。図15中の左から11番目の画素の、シャッタが開いて4番目の、シャッタ時間/vの前景の成分は、F11/vとなる。

【0127】図15中のフレーム#n+1の左から9番目の画素の、シャッタが開いて3番目の、シャッタ時間/vの前景の成分は、F10/vとなり、図15中の左から10番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F10/vとなる。図15中のフレーム#n+1の左から9番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F09/vとなる。

【0128】背景に対応するオブジェクトが静止しているので、図15中のフレーム#n+1の左から10番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの背景の成分は、B09/vとなる。図15中のフレーム#n+1の左から11番目の画素の、シャッタが開いて最初および2番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B10/vとなる。図



15中のフレーム#n+1の左から12番目の画素の、シャッタが開いて最初乃至3番目の、シャッタ時間/vの背景の成分は、B11/vとなる。

【0129】図15中のフレーム#n+1において、左側から10番目乃至12番目の画素は、カバードバックグラウンド領域である混合領域に対応する。

【0130】図16は、図15に示す画素値から前景の成分を抽出した画像のモデル図である。

【0131】図17は、静止している背景と共に図中の右側に移動するオブジェクトに対応する前景を撮像した画像の3つのフレームの、隣接して1列に並んでいる画素であって、フレーム上で同一の位置の画素の画素値を時間方向に展開したモデル図である。図17において、アンカバードバックグラウンド領域が含まれている。

【0132】図17において、前景に対応するオブジェクトは、剛体であり、かつ等速で移動していると仮定できる。前景に対応するオブジェクトが、次のフレームにおいて4画素分右側に表示されるように移動しているの、動き量vは、4である。

【0133】例えば、図17中のフレーム#n-1の最も左側の画素の、シャッタが開いて最初の、シャッタ時間/vの前景の成分は、F13/vとなり、図17中の左から2番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F13/vとなる。図17中の左から3番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vの前景の成分、および図17中の左から4番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F13/vとなる。

【0134】図17中のフレーム#n-1の左から2番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分は、F14/vとなり、図17中の左から3番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F14/vとなる。図17中の左から3番目の画素の、シャッタが開いて最初の、シャッタ時間/vの前景の成分は、F15/vとなる。

【0135】背景に対応するオブジェクトが静止しているので、図17中のフレーム#n-1の最も左側の画素の、シャッタが開いて2番目乃至4番目の、シャッタ時間/vの背景の成分は、B25/vとなる。図17中のフレーム#n-1の左から2番目の画素の、シャッタが開いて3番目および4番目の、シャッタ時間/vの背景の成分は、B26/vとなる。図17中のフレーム#n-1の左から3番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B27/vとなる。

【0136】図17中のフレーム#n-1において、最も左側の画素乃至3番目の画素は、アンカバードバックグラウンド領域である混合領域に属する。

【0137】図17中のフレーム#n-1の左から4番目の画素乃至12番目の画素は、前景領域に属する。フレームの前景の成分は、F13/v乃至F24/vのいずれかである。

【0138】図17中のフレーム#nの最も左側の画素乃至左から4番目の画素は、背景領域に属し、画素値は、それぞれ、B25乃至B28となる。

【0139】前景に対応するオブジェクトが、剛体であり、等速で移動すると仮定でき、前景の画像が次のフレームにおいて4画素右側に表示されるように移動するので、図17中のフレーム#nの左から5番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分は、F13/vとなり、図17中の左から6番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F13/vとなる。図17中の左から7番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vの前景の成分、および図17中の左から8番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F13/vとなる。

【0140】図17中のフレーム#nの左から6番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分は、F14/vとなり、図17中の左から7番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F14/vとなる。図17中の左から8番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分は、F15/vとなる。

【0141】背景に対応するオブジェクトが静止しているので、図17中のフレーム#nの左から5番目の画素の、シャッタが開いて2番目乃至4番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B29/vとなる。図17中のフレーム#nの左から6番目の画素の、シャッタが開いて3番目および4番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B30/vとなる。図17中のフレーム#nの左から7番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B31/vとなる。

【0142】図17中のフレーム#nにおいて、左から5番目の画素乃至7番目の画素は、アンカバードバックグラウンド領域である混合領域に属する。

【0143】図17中のフレーム#nの左から8番目の画素乃至12番目の画素は、前景領域に属する。フレーム#nの前景領域における、シャッタ時間/vの期間に対応する値は、F13/v乃至F20/vのいずれかである。

【0144】図17中のフレーム#n+1の最も左側の画素乃至左から8番目の画素は、背景領域に属し、画素値は、それぞれ、B25乃至B32となる。

【0145】前景に対応するオブジェクトが、剛体であり、等速で移動すると仮定でき、前景の画像が次のフレームにおいて4画素右側に表示されるように移動するので、図17中のフレーム#n+1の左から9番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分は、F13/vとなり、図17中の左から10番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F13/vとなる。図17中の左から11番目の画素の、シャッタが開いて3番目のシャッタ時間/vの前景



の成分、および図17中の左から12番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの前景の成分は、F13/vとなる。

【0146】図17中のフレーム#n+1の左から10番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分は、F14/vとなり、図17中の左から11番目の画素の、シャッタが開いて2番目のシャッタ時間/vの前景の成分も、F14/vとなる。図17中の左から12番目の画素の、シャッタが開いて最初のシャッタ時間/vの前景の成分は、F15/vとなる。

【0147】背景に対応するオブジェクトが静止しているので、図17中のフレーム#n+1の左から9番目の画素の、シャッタが開いて2番目乃至4番目の、シャッタ時間/vの背景の成分は、B33/vとなる。図17中のフレーム#n+1の左から10番目の画素の、シャッタが開いて3番目および4番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B34/vとなる。図17中のフレーム#n+1の左から11番目の画素の、シャッタが開いて4番目のシャッタ時間/vの背景の成分は、B35/vとなる。

【0148】図17中のフレーム#n+1において、左から9番目の画素乃至11番目の画素は、アンカバードバックグラウンド領域である混合領域に属する。

【0149】図17中のフレーム#n+1の左から12番目の画素は、前景領域に属する。フレーム#n+1の前景領域における、シャッタ時間/vの前景の成分は、F13/v乃至F16/vのいずれかである。

【0150】図18は、図17に示す画素値から前景の成分を抽出した画像のモデル図である。

【0151】図2に戻り、領域特定部103は、複数のフレームの画素値を用いて、前景領域、背景領域、カバードバックグラウンド領域、またはアンカバードバックグラウンド領域に属することを示すフラグを画素毎に対応付けて、領域情報として、混合比算出部104および動きボケ調整部106に供給する。

【0152】混合比算出部104は、複数のフレームの画素値、および領域情報を基に、混合領域に含まれる画素について画素毎に混合比 $\alpha$ を算出し、算出した混合比 $\alpha$ を前景背景分離部105に供給する。

【0153】前景背景分離部105は、複数のフレームの画素値、領域情報、および混合比 $\alpha$ を基に、前景の成分のみからなる前景成分画像を抽出して、動きボケ調整部106に供給する。

【0154】動きボケ調整部106は、前景背景分離部105から供給された前景成分画像、動き検出部102から供給された動きベクトル、および領域特定部103から供給された領域情報を基に、前景成分画像に含まれる動きボケの量を調整して、動きボケの量を調整した前景成分画像を出力する。

【0155】図19のフローチャートを参照して、信号処理装置による動きボケの量の調整の処理を説明する。

ステップS11において、領域特定部103は、入力画像を基に、入力画像の画素毎に前景領域、背景領域、カバードバックグラウンド領域、またはアンカバードバックグラウンド領域のいずれかに属するかを示す領域情報を生成する領域特定の処理を実行する。領域特定の処理の詳細は、後述する。領域特定部103は、生成した領域情報を混合比算出部104に供給する。

【0156】なお、ステップS11において、領域特定部103は、入力画像を基に、入力画像の画素毎に前景領域、背景領域、または混合領域（カバードバックグラウンド領域、またはアンカバードバックグラウンド領域の区別をしない）のいずれかに属するかを示す領域情報を生成するようにしてもよい。この場合において、前景背景分離部105および動きボケ調整部106は、動きベクトルの方向を基に、混合領域がカバードバックグラウンド領域であるか、またはアンカバードバックグラウンド領域であるかを判定する。例えば、動きベクトルの方向に対応して、前景領域、混合領域、および背景領域と順に並んでいるとき、その混合領域は、カバードバックグラウンド領域と判定され、動きベクトルの方向に対応して、背景領域、混合領域、および前景領域と順に並んでいるとき、その混合領域は、アンカバードバックグラウンド領域と判定される。

【0157】ステップS12において、混合比算出部104は、入力画像および領域情報を基に、混合領域に含まれる画素毎に、混合比 $\alpha$ を算出する。混合比算出の処理の詳細は、後述する。混合比算出部104は、算出した混合比 $\alpha$ を前景背景分離部105に供給する。

【0158】ステップS13において、前景背景分離部105は、領域情報、および混合比 $\alpha$ を基に、入力画像から前景の成分を抽出して、前景成分画像として動きボケ調整部106に供給する。

【0159】ステップS14において、動きボケ調整部106は、動きベクトルおよび領域情報を基に、動き方向に並ぶ連続した画素であって、アンカバードバックグラウンド領域、前景領域、およびカバードバックグラウンド領域のいずれかに属するものの画像上の位置を示す処理単位を生成し、処理単位に対応する前景成分に含まれる動きボケの量を調整する。動きボケの量の調整の処理の詳細については、後述する。

【0160】ステップS15において、信号処理装置は、画面全体について処理を終了したか否かを判定し、画面全体について処理を終了していないと判定された場合、ステップS14に進み、処理単位に対応する前景の成分を対象とした動きボケの量の調整の処理を繰り返す。

【0161】ステップS15において、画面全体について処理を終了したと判定された場合、処理は終了する。

【0162】このように、信号処理装置は、前景と背景を分離して、前景に含まれる動きボケの量を調整するこ

とができる。すなわち、信号処理装置は、前景の画素の画素値であるサンプルデータに含まれる動きボケの量を調整することができる。

【0163】以下、領域特定部103、混合比算出部104、前景背景分離部105、および動きボケ調整部106のそれぞれの構成について説明する。

【0164】図20は、領域特定部103の構成を示すブロック図である。図20に構成を示す領域特定部103は、動きベクトルを利用しない。

【0165】背景動き補償部201は、入力画像の背景の動きを検出して、検出した背景の動きに対応して、入力画像を平行移動する。背景動き補償部201は、背景の動きに対応して、平行移動した入力画像を領域特定処理部202に供給する。

【0166】領域特定処理部202に供給される画像は、画面上の背景の位置が一致している。

【0167】領域特定処理部202は、背景動き補償部201から供給された、画面上の背景の位置が一致している画像を基に、各画素毎に、アンカバードバックグラウンド領域、静止領域、動き領域、およびカバードバックグラウンド領域のいずれかに属することを示す領域情報を生成し、生成した領域情報を出力する。

【0168】図21は、領域特定部103のより詳細な構成を示すブロック図である。

【0169】背景動き補償部201は、フレームメモリ221、動き取得部222-1乃至222-4、および画像シフト部223-1乃至223-4から構成される。

【0170】領域特定処理部202は、フレームメモリ224、静動判定部225-1乃至225-4、領域判定部226-1乃至226-3、判定フラグ格納フレームメモリ227、合成部228、および判定フラグ格納フレームメモリ229から構成される。

【0171】フレームメモリ221は、入力された画像をフレーム単位で記憶する。フレームメモリ221は、処理の対象がフレーム#nであるとき、フレーム#nの2つ前のフレームであるフレーム#n-2、フレーム#nの1つ前のフレームであるフレーム#n-1、フレーム#n、フレーム#nの1つ後のフレームであるフレーム#n+1、およびフレーム#nの2つ後のフレームであるフレーム#n+2を記憶する。

【0172】動き取得部222-1は、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n+2から、所定の数の画素からなる注目ブロックを取得する。動き取得部222-1は、取得した注目ブロックを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#nの画像から、注目ブロックとパターンが一致する画像の部分を検索する。動き取得部222-1は、フレーム#n+2の注目ブロックの位置、および注目ブロックとパターンが一致する、フレーム#nの画像の部分の位置を基に、動きベクトルを生

成する。

【0173】動き取得部222-2は、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n+1から、所定の数の画素からなる注目ブロックを取得する。動き取得部222-2は、取得した注目ブロックを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#nの画像から、注目ブロックとパターンが一致する画像の部分を検索する。動き取得部222-2は、フレーム#n+1の注目ブロックの位置、および注目ブロックとパターンが一致する、フレーム#nの画像の部分の位置を基に、動きベクトルを生成する。

【0174】動き取得部222-3は、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n-1から、所定の数の画素からなる注目ブロックを取得する。動き取得部222-3は、取得した注目ブロックを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#nの画像から、注目ブロックとパターンが一致する画像の部分を検索する。動き取得部222-3は、フレーム#n-1の注目ブロックの位置、および注目ブロックとパターンが一致する、フレーム#nの画像の部分の位置を基に、動きベクトルを生成する。

【0175】動き取得部222-4は、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n-2から、所定の数の画素からなる注目ブロックを取得する。動き取得部222-4は、取得した注目ブロックを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#nの画像から、注目ブロックとパターンが一致する画像の部分を検索する。動き取得部222-4は、フレーム#n-2の注目ブロックの位置、および注目ブロックとパターンが一致する、フレーム#nの画像の部分の位置を基に、動きベクトルを生成する。

【0176】以下、動き取得部222-1乃至222-4を個々に区別する必要がないとき、単に、動き取得部222と称する。

【0177】例えば、図22に示すように、動き取得部222は、1つのフレームの画像を、m画素×n画素からなる分割領域に分割し、分割された分割領域毎に、M画素×N画素からなる注目ブロックを選択する。

【0178】動き取得部222は、各分割領域の注目ブロック毎に、対応するフレームの画像から、注目ブロックとパターンが一致する画像の部分を検索し、各注目ブロック毎に、動きベクトルを生成する。動き取得部222は、注目ブロック毎に生成された動きベクトルを基に、2つのフレームに対応する動きベクトルを生成する。例えば、動き取得部222は、注目ブロック毎に生成された動きベクトルの平均値を算出して、算出された動きベクトルを、2つのフレームに対応する動きベクトルとする。

【0179】一般的に、入力画像の背景の画像オブジェクトが前景の画像オブジェクトに比較して大きいので、

動き取得部222は、背景の画像オブジェクトの動きに対応する動きベクトルを出力することができる。

【0180】なお、動き取得部222は、2つのフレームの画像を全画面ブロックマッチングを行うことにより、背景の画像オブジェクトの動きに対応する動きベクトルを生成するようにしてもよい。

【0181】また、動き取得部222は、入力画像から背景の画像オブジェクトを抽出し、抽出された画像オブジェクトを基に、背景の画像オブジェクトの動きに対応する動きベクトルを生成するようにしてもよい。

【0182】画像シフト部223-1は、動き取得部222-1から供給された背景の画像オブジェクトに対応する動きベクトルを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n+2を平行移動して、平行移動したフレーム#n+2の画像を領域特定処理部202のフレームメモリ224に供給する。

【0183】画像シフト部223-2は、動き取得部222-2から供給された背景の画像オブジェクトに対応する動きベクトルを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n+1を平行移動して、平行移動したフレーム#n+1の画像を領域特定処理部202のフレームメモリ224に供給する。

【0184】画像シフト部223-3は、動き取得部222-3から供給された背景の画像オブジェクトに対応する動きベクトルを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n-1を平行移動して、平行移動したフレーム#n-1の画像を領域特定処理部202のフレームメモリ224に供給する。

【0185】画像シフト部223-4は、動き取得部222-4から供給された背景の画像オブジェクトに対応する動きベクトルを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n-2を平行移動して、平行移動したフレーム#n-2の画像を領域特定処理部202のフレームメモリ224に供給する。

【0186】フレームメモリ221は、フレーム#nの画像を領域特定処理部202のフレームメモリ224に供給する。

【0187】画像シフト部223-1乃至223-4およびフレームメモリ221が領域特定処理部202のフレームメモリ224に供給する画像は、画面上の背景の位置が一致している。

【0188】領域特定処理部202のフレームメモリ224は、画像シフト部223-1乃至223-4またはフレームメモリ221から供給された画像をフレーム単位で記憶する。

【0189】静動判定部225-1は、フレーム#nの領域特定の対象である画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n+2の画素の画素値、およびフレーム#nの領域特定の対象である画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n+1の画素の画素値をフレームメモリ2

24から読み出して、読み出した画素値の差の絶対値を算出する。静動判定部225-1は、フレーム#n+2の画素値とフレーム#n+1の画素値との差の絶対値が、予め設定している閾値Thより大きいと判定し、差の絶対値が閾値Thより大きいと判定された場合、動きを示す静動判定を領域判定部226-1に供給する。フレーム#n+2の画素の画素値とフレーム#n+1の画素の画素値との差の絶対値が閾値Th以下であると判定された場合、静動判定部225-1は、静止を示す静動判定を領域判定部226-1に供給する。

【0190】静動判定部225-2は、フレーム#nの領域特定の対象である画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n+1の画素の画素値、およびフレーム#nの対象となる画素の画素値をフレームメモリ224から読み出して、画素値の差の絶対値を算出する。静動判定部225-2は、フレーム#n+1の画素値とフレーム#nの画素値との差の絶対値が、予め設定している閾値Thより大きいと判定された場合、動きを示す静動判定を領域判定部226-1および領域判定部226-2に供給する。フレーム#n+1の画素の画素値とフレーム#nの画素の画素値との差の絶対値が、閾値Th以下であると判定された場合、静動判定部225-2は、静止を示す静動判定を領域判定部226-1および領域判定部226-2に供給する。

【0191】静動判定部225-3は、フレーム#nの領域特定の対象である画素の画素値、およびフレーム#nの領域特定の対象である画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n-1の画素の画素値をフレームメモリ224から読み出して、画素値の差の絶対値を算出する。静動判定部225-3は、フレーム#nの画素値とフレーム#n-1の画素値との差の絶対値が、予め設定している閾値Thより大きいと判定し、画素値の差の絶対値が、閾値Thより大きいと判定された場合、動きを示す静動判定を領域判定部226-2および領域判定部226-3に供給する。フレーム#nの画素の画素値とフレーム#n-1の画素の画素値との差の絶対値が、閾値Th以下であると判定された場合、静動判定部225-3は、静止を示す静動判定を領域判定部226-2および領域判定部226-3に供給する。

【0192】静動判定部225-4は、フレーム#nの領域特定の対象である画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n-1の画素の画素値、およびフレーム#nの領域特定の対象である画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n-2の画素の画素値をフレームメモリ224から読み出して、画素値の差の絶対値を算出する。静動判定部225-4は、フレーム#n-1の画素値とフレーム#n-2の画素値との差の絶対値が、予め設定している閾値Thより大きいと判定し、画素値の差の絶対値が、閾値Thより大きいと判定された場合、動きを示す静

動判定を領域判定部226-3に供給する。フレーム#n-1の画素の画素値とフレーム#n-2の画素の画素値との差の絶対値が、閾値Th以下であると判定された場合、静動判定部225-4は、静止を示す静動判定を領域判定部226-3に供給する。

【0193】領域判定部226-1は、静動判定部225-1から供給された静動判定が静止を示し、かつ、静動判定部225-2から供給された静動判定が動きを示しているとき、フレーム#nにおける領域特定の対象である画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると判定し、領域の判定される画素に対応するアンカバードバックグラウンド領域判定フラグに、アンカバードバックグラウンド領域に属することを示す"1"を設定する。

【0194】領域判定部226-1は、静動判定部225-1から供給された静動判定が動きを示すか、または、静動判定部225-2から供給された静動判定が静止を示しているとき、フレーム#nにおける領域特定の対象である画素がアンカバードバックグラウンド領域に属しないと判定し、領域の判定される画素に対応するアンカバードバックグラウンド領域判定フラグに、アンカバードバックグラウンド領域に属しないことを示す"0"を設定する。

【0195】領域判定部226-1は、このように"1"または"0"が設定されたアンカバードバックグラウンド領域判定フラグを判定フラグ格納フレームメモリ227に供給する。

【0196】領域判定部226-2は、静動判定部225-2から供給された静動判定が静止を示し、かつ、静動判定部225-3から供給された静動判定が静止を示しているとき、フレーム#nにおける領域特定の対象である画素が静止領域に属すると判定し、領域の判定される画素に対応する静止領域判定フラグに、静止領域に属することを示す"1"を設定する。

【0197】領域判定部226-2は、静動判定部225-2から供給された静動判定が動きを示すか、または、静動判定部225-3から供給された静動判定が動きを示しているとき、フレーム#nにおける領域特定の対象である画素が静止領域に属しないと判定し、領域の判定される画素に対応する静止領域判定フラグに、静止領域に属しないことを示す"0"を設定する。

【0198】領域判定部226-2は、このように"1"または"0"が設定された静止領域判定フラグを判定フラグ格納フレームメモリ227に供給する。

【0199】領域判定部226-2は、静動判定部225-2から供給された静動判定が動きを示し、かつ、静動判定部225-3から供給された静動判定が動きを示しているとき、フレーム#nにおける領域特定の対象である画素が動き領域に属すると判定し、領域の判定される画素に対応する動き領域判定フラグに、動き領域に属

ることを示す"1"を設定する。

【0200】領域判定部226-2は、静動判定部225-2から供給された静動判定が静止を示すか、または、静動判定部225-3から供給された静動判定が静止を示しているとき、フレーム#nにおける領域特定の対象である画素が動き領域に属しないと判定し、領域の判定される画素に対応する動き領域判定フラグに、動き領域に属しないことを示す"0"を設定する。

【0201】領域判定部226-2は、このように"1"または"0"が設定された動き領域判定フラグを判定フラグ格納フレームメモリ227に供給する。

【0202】領域判定部226-3は、静動判定部225-3から供給された静動判定が動きを示し、かつ、静動判定部225-4から供給された静動判定が静止を示しているとき、フレーム#nにおける領域特定の対象である画素がカバードバックグラウンド領域に属すると判定し、領域の判定される画素に対応するカバードバックグラウンド領域判定フラグに、カバードバックグラウンド領域に属することを示す"1"を設定する。

【0203】領域判定部226-3は、静動判定部225-3から供給された静動判定が静止を示すか、または、静動判定部225-4から供給された静動判定が動きを示しているとき、フレーム#nにおける領域特定の対象である画素がカバードバックグラウンド領域に属しないと判定し、領域の判定される画素に対応するカバードバックグラウンド領域判定フラグに、カバードバックグラウンド領域に属しないことを示す"0"を設定する。

【0204】領域判定部226-3は、このように"1"または"0"が設定されたカバードバックグラウンド領域判定フラグを判定フラグ格納フレームメモリ227に供給する。

【0205】判定フラグ格納フレームメモリ227は、領域判定部226-1から供給されたアンカバードバックグラウンド領域判定フラグ、領域判定部226-2から供給された静止領域判定フラグ、領域判定部226-2から供給された動き領域判定フラグ、および領域判定部226-3から供給されたカバードバックグラウンド領域判定フラグをそれぞれ記憶する。

【0206】判定フラグ格納フレームメモリ227は、記憶しているアンカバードバックグラウンド領域判定フラグ、静止領域判定フラグ、動き領域判定フラグ、およびカバードバックグラウンド領域判定フラグを合成部228に供給する。合成部228は、判定フラグ格納フレームメモリ227から供給された、アンカバードバックグラウンド領域判定フラグ、静止領域判定フラグ、動き領域判定フラグ、およびカバードバックグラウンド領域判定フラグを基に、各画素が、アンカバードバックグラウンド領域、静止領域、動き領域、およびカバードバックグラウンド領域のいずれかに属することを示す領域情報を生成し、判定フラグ格納フレームメモリ229に供

給する。

【0207】判定フラグ格納フレームメモリ229は、合成部228から供給された領域情報を記憶すると共に、記憶している領域情報を出力する。

【0208】次に、領域特定部103の処理の例を図23乃至図27を参照して説明する。

【0209】前景に対応するオブジェクトが移動しているとき、オブジェクトに対応する画像の画面上の位置は、フレーム毎に変化する。図23に示すように、フレーム#nにおいて、画像内のある領域について、 $Y_n(x1, y1)$ で示される位置に位置するオブジェクトに対応する画像は、次のフレームであるフレーム#n+1において、 $Y_{n+1}(x2, y2)$ に位置する。

【0210】前景のオブジェクトに対応する画像の動き方向に隣接して1列に並ぶ画素の画素値を時間方向に展開したモデル図を図24に示す。例えば、前景のオブジェクトに対応する画像の動き方向が画面に対して水平であるとき、図24におけるモデル図は、1つのライン上の隣接する画素の画素値を時間方向に展開したモデルを示す。

【0211】図24において、フレーム#nにおけるラインは、フレーム#n+1におけるラインと同一である。

【0212】フレーム#nにおいて、左から2番目の画素乃至13番目の画素に含まれているオブジェクトに対応する前景の成分は、フレーム#n+1において、左から6番目乃至17番目の画素に含まれる。

【0213】フレーム#nにおいて、カバードバックグラウンド領域に属する画素は、左から11番目乃至13番目の画素であり、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素は、左から2番目乃至4番目の画素である。フレーム#n+1において、カバードバックグラウンド領域に属する画素は、左から15番目乃至17番目の画素であり、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素は、左から6番目乃至8番目の画素である。

【0214】図24に示す例において、フレーム#nに含まれる前景の成分が、フレーム#n+1において4画素移動しているため、動き量 $v$ は、4である。仮想分割数は、動き量 $v$ に対応し、4である。

【0215】次に、注目しているフレームの前後における混合領域に属する画素の画素値の変化について説明する。

【0216】図25に示す、背景が静止し、前景の動き量 $v$ が4であるフレーム#nにおいて、カバードバックグラウンド領域に属する画素は、左から15番目乃至17番目の画素である。動き量 $v$ が4であるため、1つ前のフレーム#n-1において、左から15番目乃至17番目の画素は、背景の成分のみを含み、背景領域に属する。また、更に1つ前のフレーム#n-2において、左から15番目乃至17番目の画素は、背景の成分のみを含み、背景領域に属する。

【0217】ここで、背景に対応するオブジェクトが静止しているため、フレーム#n-1の左から15番目の画素の画素値は、フレーム#n-2の左から15番目の画素の画素値から変化しない。同様に、フレーム#n-1の左から16番目の画素の画素値は、フレーム#n-2の左から16番目の画素の画素値から変化せず、フレーム#n-1の左から17番目の画素の画素値は、フレーム#n-2の左から17番目の画素の画素値から変化しない。

【0218】すなわち、フレーム#nにおけるカバードバックグラウンド領域に属する画素に対応する、フレーム#n-1およびフレーム#n-2の画素は、背景の成分のみから成り、画素値が変化しないため、その差の絶対値は、ほぼ0の値となる。従って、フレーム#nにおける混合領域に属する画素に対応する、フレーム#n-1およびフレーム#n-2の画素に対する静動判定は、静動判定部225-4により、静止と判定される。

【0219】フレーム#nにおけるカバードバックグラウンド領域に属する画素は、前景の成分を含むため、フレーム#n-1における背景の成分のみから成る場合と、画素値が異なる。従って、フレーム#nにおける混合領域に属する画素、および対応するフレーム#n-1の画素に対する静動判定は、静動判定部225-3により、動きと判定される。

【0220】このように、領域判定部226-3は、静動判定部225-3から動きを示す静動判定の結果が供給され、静動判定部225-4から静止を示す静動判定の結果が供給されたとき、対応する画素がカバードバックグラウンド領域に属すると判定する。

【0221】図26に示す、背景が静止し、前景の動き量 $v$ が4であるフレーム#nにおいて、アンカバードバックグラウンド領域に含まれる画素は、左から2番目乃至4番目の画素である。動き量 $v$ が4であるため、1つ後のフレーム#n+1において、左から2番目乃至4番目の画素は、背景の成分のみを含み、背景領域に属する。また、更に1つ後のフレーム#n+2において、左から2番目乃至4番目の画素は、背景の成分のみを含み、背景領域に属する。

【0222】ここで、背景に対応するオブジェクトが静止しているため、フレーム#n+2の左から2番目の画素の画素値は、フレーム#n+1の左から2番目の画素の画素値から変化しない。同様に、フレーム#n+2の左から3番目の画素の画素値は、フレーム#n+1の左から3番目の画素の画素値から変化せず、フレーム#n+2の左から4番目の画素の画素値は、フレーム#n+1の左から4番目の画素の画素値から変化しない。

【0223】すなわち、フレーム#nにおけるアンカバードバックグラウンド領域に属する画素に対応する、フレーム#n+1およびフレーム#n+2の画素は、背景の成分のみから成り、画素値が変化しないため、その差の絶対値は、ほぼ0の値となる。従って、フレーム#nにおける混

合領域に属する画素に対応する、フレーム#n+1およびフレーム#n+2の画素に対する静動判定は、静動判定部225-1により、静止と判定される。

【0224】フレーム#nにおけるアンカバードバックグラウンド領域に属する画素は、前景の成分を含むので、フレーム#n+1における背景の成分のみから成る場合と、画素値が異なる。従って、フレーム#nにおける混合領域に属する画素、および対応するフレーム#n+1の画素に対する静動判定は、静動判定部225-2により、動きと判定される。

【0225】このように、領域判定部226-1は、静動判定部225-2から動きを示す静動判定の結果が供給され、静動判定部225-1から静止を示す静動判定の結果が供給されたとき、対応する画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると判定する。

【0226】図27は、フレーム#nにおける領域特定部103の判定条件を示す図である。フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n-2の画素と、フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n-1の画素とが静止と判定され、フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n-1の画素と、フレーム#nの画素とが動きと判定されたとき、領域特定部103は、フレーム#nの判定の対象となる画素がカバーバックグラウンド領域に属すると判定する。

【0227】フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n-1の画素と、フレーム#nの画素とが静止と判定され、フレーム#nの画素と、フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n+1の画素とが静止と判定されたとき、領域特定部103は、フレーム#nの判定の対象となる画素が静止領域に属すると判定する。

【0228】フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n-1の画素と、フレーム#nの画素とが動きと判定され、フレーム#nの画素と、フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n+1の画素とが動きと判定されたとき、領域特定部103は、フレーム#nの判定の対象となる画素が動き領域に属すると判定する。

【0229】フレーム#nの画素と、フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n+1の画素とが動きと判定され、フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n+1の画素と、フレーム#nの判定の対象となる画素の画像上の位置と同一の位置にあるフレーム#n+2の画素とが静止と判定されたとき、領域特定部103は、フレーム#nの判定の対象となる画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると判定する。

【0230】図28は、領域特定部103の領域の判定の結果の例を示す図である。図28(A)において、カ

バードバックグラウンド領域に属すると判定された画素は、白で表示されている。図28(B)において、アンカバードバックグラウンド領域に属すると判定された画素は、白で表示されている。

【0231】図28(C)において、動き領域に属すると判定された画素は、白で表示されている。図28(D)において、静止領域に属すると判定された画素は、白で表示されている。

【0232】図29は、判定フラグ格納フレームメモリ229が出力する領域情報の内、混合領域を示す領域情報を画像として示す図である。図29において、カバーバックグラウンド領域またはアンカバードバックグラウンド領域に属すると判定された画素、すなわち混合領域に属すると判定された画素は、白で表示されている。判定フラグ格納フレームメモリ229が出力する混合領域を示す領域情報は、混合領域、および前景領域内のテクスチャの無い部分に囲まれたテクスチャの有る部分を示す。

【0233】次に、図30および図31のフローチャートを参照して、領域特定部103の領域特定の処理を説明する。ステップS201において、フレームメモリ221は、判定の対象となるフレーム#nを含むフレーム#n-2乃至フレーム#n+2の画像を取得する。フレームメモリ221は、フレーム#nをフレームメモリ224に供給する。

【0234】ステップS202において、動き取得部222-1は、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n+2の画像およびフレーム#nの画像を基に、フレーム#n+2とフレーム#nとの間の背景の動きベクトルを取得する。動き取得部222-1は、動きベクトルを画像シフト部223-1に供給する。

【0235】ステップS203において、画像シフト部223-1は、動き取得部222-1から供給された動きベクトルを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n+2の画像を平行移動し、平行移動したフレーム#n+2の画像をフレームメモリ224に供給する。

【0236】ステップS204において、動き取得部222-2は、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n+1の画像およびフレーム#nの画像を基に、フレーム#n+1とフレーム#nとの間の背景の動きベクトルを取得する。動き取得部222-2は、動きベクトルを画像シフト部223-2に供給する。

【0237】ステップS205において、画像シフト部223-2は、動き取得部222-2から供給された動きベクトルを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n+1の画像を平行移動し、平行移動したフレーム#n+1の画像をフレームメモリ224に供給する。

【0238】ステップS206において、動き取得部222-3は、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n-1の画像およびフレーム#nの画像を基に、フレ



ーム#n-1とフレーム#nとの間の背景の動きベクトルを取得する。動き取得部222-3は、動きベクトルを画像シフト部223-3に供給する。

【0239】ステップS207において、画像シフト部223-3は、動き取得部222-3から供給された動きベクトルを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n-1の画像を平行移動し、平行移動したフレーム#n-1の画像をフレームメモリ224に供給する。

【0240】ステップS208において、動き取得部222-4は、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n-2の画像およびフレーム#nの画像を基に、フレーム#n-2とフレーム#nとの間の背景の動きベクトルを取得する。動き取得部222-4は、動きベクトルを画像シフト部223-4に供給する。

【0241】ステップS209において、画像シフト部223-4は、動き取得部222-4から供給された動きベクトルを基に、フレームメモリ221に記憶されているフレーム#n-2の画像を平行移動し、平行移動したフレーム#n-2の画像をフレームメモリ224に供給する。

【0242】ステップS210において、静動判定部225-3は、フレーム#n-1の画素とフレーム#nの同一位置の画素とで、静止か否かを判定し、静止と判定された場合、ステップS211に進み、静動判定部225-2は、フレーム#nの画素とフレーム#n+1の同一位置の画素とで、静止か否かを判定する。

【0243】ステップS211において、フレーム#nの画素とフレーム#n+1の同一位置の画素とで、静止と判定された場合、ステップS212に進み、領域判定部226-2は、領域の判定される画素に対応する静止領域判定フラグに、静止領域に属することを示す"1"を設定する。領域判定部226-2は、静止領域判定フラグを判定フラグ格納フレームメモリ227に供給し、手続きは、ステップS213に進む。

【0244】ステップS210において、フレーム#n-1の画素とフレーム#nの同一位置の画素とで、動きと判定された場合、または、ステップS211において、フレーム#nの画素とフレーム#n+1の同一位置の画素とで、動きと判定された場合、フレーム#nの画素が静止領域には属さないで、ステップS212の処理はスキップされ、手続きは、ステップS213に進む。

【0245】ステップS213において、静動判定部225-3は、フレーム#n-1の画素とフレーム#nの同一位置の画素とで、動きか否かを判定し、動きと判定された場合、ステップS214に進み、静動判定部225-2は、フレーム#nの画素とフレーム#n+1の同一位置の画素とで、動きか否かを判定する。

【0246】ステップS214において、フレーム#nの画素とフレーム#n+1の同一位置の画素とで、動きと判定された場合、ステップS215に進み、領域判定部226-2は、領域の判定される画素に対応する動き領域判

定フラグに、動き領域に属することを示す"1"を設定する。領域判定部226-2は、動き領域判定フラグを判定フラグ格納フレームメモリ227に供給し、手続きは、ステップS216に進む。

【0247】ステップS213において、フレーム#n-1の画素とフレーム#nの同一位置の画素とで、静止と判定された場合、または、ステップS214において、フレーム#nの画素とフレーム#n+1の同一位置の画素とで、静止と判定された場合、フレーム#nの画素が動き領域には属さないで、ステップS215の処理はスキップされ、手続きは、ステップS216に進む。

【0248】ステップS216において、静動判定部225-4は、フレーム#n-2の画素とフレーム#n-1の同一位置の画素とで、静止か否かを判定し、静止と判定された場合、ステップS217に進み、静動判定部225-3は、フレーム#n-1の画素とフレーム#nの同一位置の画素とで、動きか否かを判定する。

【0249】ステップS217において、フレーム#n-1の画素とフレーム#nの同一位置の画素とで、動きと判定された場合、ステップS218に進み、領域判定部226-3は、領域の判定される画素に対応するカバードバックグラウンド領域判定フラグに、カバードバックグラウンド領域に属することを示す"1"を設定する。領域判定部226-3は、カバードバックグラウンド領域判定フラグを判定フラグ格納フレームメモリ227に供給し、手続きは、ステップS219に進む。

【0250】ステップS216において、フレーム#n-2の画素とフレーム#n-1の同一位置の画素とで、動きと判定された場合、または、ステップS217において、フレーム#n-1の画素とフレーム#nの同一位置の画素とで、静止と判定された場合、フレーム#nの画素がカバードバックグラウンド領域には属さないで、ステップS218の処理はスキップされ、手続きは、ステップS219に進む。

【0251】ステップS219において、静動判定部225-2は、フレーム#nの画素とフレーム#n+1の同一位置の画素とで、動きか否かを判定し、動きと判定された場合、ステップS220に進み、静動判定部225-1は、フレーム#n+1の画素とフレーム#n+2の同一位置の画素とで、静止か否かを判定する。

【0252】ステップS220において、フレーム#n+1の画素とフレーム#n+2の同一位置の画素とで、静止と判定された場合、ステップS221に進み、領域判定部226-1は、領域の判定される画素に対応するアンカバードバックグラウンド領域判定フラグに、アンカバードバックグラウンド領域に属することを示す"1"を設定する。領域判定部226-1は、アンカバードバックグラウンド領域判定フラグを判定フラグ格納フレームメモリ227に供給し、手続きは、ステップS222に進む。



【0253】ステップS219において、フレーム#nの画素とフレーム#n+1の同一位置の画素とで、静止と判定された場合、または、ステップS220において、フレーム#n+1の画素とフレーム#n+2の同一位置の画素とで、動きと判定された場合、フレーム#nの画素がアンカバードバックグラウンド領域には属さないのので、ステップS221の処理はスキップされ、手続きは、ステップS222に進む。

【0254】ステップS222において、領域特定部103は、フレーム#nの全ての画素について領域を特定したか否かを判定し、フレーム#nの全ての画素について領域を特定していないと判定された場合、手続きは、ステップS210に戻り、他の画素について、領域特定の処理を繰り返す。

【0255】ステップS222において、フレーム#nの全ての画素について領域を特定したと判定された場合、ステップS223に進み、合成部228は、判定フラグ格納フレームメモリ227に記憶されているアンカバードバックグラウンド領域判定フラグ、およびカバードバックグラウンド領域判定フラグを基に、混合領域を示す領域情報を生成し、更に、各画素が、アンカバードバックグラウンド領域、静止領域、動き領域、およびカバードバックグラウンド領域のいずれかに属することを示す領域情報を生成し、生成した領域情報を判定フラグ格納フレームメモリ229に設定し、処理は終了する。

【0256】このように、領域特定部103は、フレームに含まれている画素のそれぞれについて、動き領域、静止領域、アンカバードバックグラウンド領域、またはカバードバックグラウンド領域に属することを示す領域情報を生成することができる。領域特定部103は、背景の画像オブジェクトの位置を一致させてから、領域判定の処理を実行するので、より正確な領域情報を生成することができる。

【0257】なお、領域特定部103は、アンカバードバックグラウンド領域およびカバードバックグラウンド領域に対応する領域情報に論理和を適用することにより、混合領域に対応する領域情報を生成して、フレームに含まれている画素のそれぞれについて、動き領域、静止領域、または混合領域に属することを示すフラグから成る領域情報を生成するようにしてもよい。

【0258】前景に対応するオブジェクトがテクスチャを有する場合、領域特定部103は、より正確に動き領域を特定することができる。

【0259】領域特定部103は、動き領域を示す領域情報を前景領域を示す領域情報として、また、静止領域を示す領域情報を背景領域を示す領域情報として出力することができる。

【0260】図32は、領域特定部103の他の構成を示すブロック図である。オブジェクト抽出部251は、入力画像から前景のオブジェクトに対応する前景の画像

オブジェクトを抽出するとともに、前景の画像オブジェクトに対応する画素以外の画素に背景領域に属することを示す値を設定して、前景の画像オブジェクトおよび背景領域に属することを示す値から構成される領域特定オブジェクトを生成して、動き補償部252および減算部254に供給する。

【0261】オブジェクト抽出部251は、例えば、入力画像に含まれる前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトの輪郭を検出することで、前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトを抽出する。また、例えば、オブジェクト抽出部251は、内部に設けられている背景メモリに記憶されている背景の画像と、入力画像との差から、前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトを抽出するようにしてもよい。

【0262】さらに、例えば、オブジェクト抽出部251は、入力画像の動きを検出して、静止している画素に背景領域に属することを示す値を設定して、前景の画像オブジェクトおよび背景領域に属することを示す値から構成される領域特定オブジェクトを生成するようにしてもよい。

【0263】オブジェクト抽出部251から出力される領域特定オブジェクトに含まれる画像オブジェクトは、前景領域に属する画素および混合領域に属する画素を含む。

【0264】前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトの動き方向に隣接して1列に並ぶ画素の画素値を時間方向に展開したモデル図の例を図33に示す。例えば、前景のオブジェクトに対応する画像オブジェクトの動き方向が画面に対して水平であるとき、図33におけるモデル図は、1つのライン上の隣接する画素の画素値を時間方向に展開したモデルを示す。

【0265】図33において、フレーム#nにおけるラインは、フレーム#n-1におけるラインと同一である。

【0266】フレーム#nにおいて、左から6番目の画素乃至17番目の画素に含まれている前景のオブジェクトに対応する前景の成分は、フレーム#n-1において、左から2番目乃至13番目の画素に含まれる。

【0267】フレーム#n-1において、カバードバックグラウンド領域に属する画素は、左から11番目乃至13番目の画素であり、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素は、左から2番目乃至4番目の画素である。

【0268】フレーム#nにおいて、カバードバックグラウンド領域に属する画素は、左から15番目乃至17番目の画素であり、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素は、左から6番目乃至8番目の画素である。

【0269】フレーム#n-1において、背景領域に属する画素は、左から1番目の画素、および左から14番目乃至21番目の画素である。

【0270】フレーム#nにおいて、背景領域に属する画

素は、左から1番目乃至5番目の画素、および左から18番目乃至21番目の画素である。

【0271】図33に示す例に対応する、オブジェクト抽出部251が抽出する領域特定オブジェクトの例を図34に示す。

【0272】オブジェクト抽出部251は、入力画像の注目している画素が動いている画素、すなわち、前景の成分を含む、前景領域に属する画素または混合領域に属する画素であるとき、領域特定オブジェクトの対応する画素に、入力画像の注目している画素の画素値をそのまま設定する。

【0273】オブジェクト抽出部251は、入力画像の注目している画素が静止している画素であるとき、領域特定オブジェクトの対応する画素に、背景領域に属することを示す値を設定する。

【0274】このように、前景の成分を含む画素または背景領域に属することを示す値が設定された画素からなる領域特定オブジェクトが、動き補償部252および減算部254に供給される。

【0275】動き補償部252は、動き検出部102から供給された動きベクトルおよびその位置情報を基に、オブジェクト抽出部251から供給された領域特定オブジェクトを動き補償する。図35は、動き補償部252により、動き補償されたフレーム#n-1の領域特定オブジェクトの例を示す図である。動き補償されたフレーム#n-1の領域特定オブジェクトの前景領域に属する画素の位置は、フレーム#nの領域特定オブジェクトの前景領域に属する画素の位置に対応する。同様に、動き補償されたフレーム#n-1の領域特定オブジェクトの混合領域に属する画素の位置は、フレーム#nの領域特定オブジェクトの混合領域に属する画素の位置に対応する。

【0276】動き補償部252は、動き補償された領域特定オブジェクトをフレームメモリ253に供給する。

【0277】フレームメモリ253は、動き補償された領域特定オブジェクトをフレーム単位で記憶する。オブジェクト抽出部251から減算部254にフレーム#nの前景のオブジェクトに対応する領域特定オブジェクトが供給されるとき、フレームメモリ253は、フレーム#nの前のフレームであるフレーム#n-1の、動き補償された領域特定オブジェクトを減算部254に供給する。

【0278】減算部254は、オブジェクト抽出部251から供給されたフレーム#nの領域特定オブジェクトの前景領域に属する画素の画素値から、対応する位置の、フレームメモリ253から供給されたフレーム#n-1の領域特定オブジェクトの前景領域に属する画素の画素値を減算して、前景領域に属する画素のフレーム差分を求める。

【0279】減算部254は、オブジェクト抽出部251から供給されたフレーム#nの領域特定オブジェクトの混合領域に属する画素の画素値から、対応する位置の、

フレームメモリ253から供給されたフレーム#n-1の領域特定オブジェクトの混合領域に属する画素の画素値を減じて、混合領域に属する画素のフレーム差分を求める。

【0280】減算部254は、フレーム#nの領域特定オブジェクトの画素が、背景領域に属することを示す値が設定されているとき、減算を実行しない。

【0281】減算部254は、前景領域に属する画素のフレーム差分、または混合領域に属する画素のフレーム差分を領域特定オブジェクトの対応する画素に設定し、前景領域に属する画素のフレーム差分、混合領域に属する画素のフレーム差分、または背景領域に属することを示す値が設定された領域特定オブジェクトをしきい値処理部255に供給する。

【0282】しきい値処理部255は、入力されたしきい値Thと、減算部254から供給された領域特定オブジェクトの画素に設定された、前景領域に属する画素のフレーム差分、または混合領域に属する画素のフレーム差分とを比較する。しきい値処理部255は、領域特定オブジェクトのフレーム差分がしきい値Thより大きいと判定された場合、領域特定オブジェクトの対応する画素に、混合領域に属することを示す値を設定する。

【0283】しきい値処理部255は、領域特定オブジェクトのフレーム差分がしきい値Th以下であると判定された場合、領域特定オブジェクトの対応する画素に、前景領域に属することを示す値を設定する。

【0284】しきい値処理部255は、背景領域に属することを示す値、混合領域に属することを示す値、および前景領域に属することを示す値のいずれかがそれぞれの画素に設定された領域特定オブジェクトを、混合領域を示す情報を含む領域情報として外部に出力するか、または時間変化検出部256に出力する。

【0285】図36は、しきい値処理部255の処理の例を説明する図である。図36に示すように、フレーム#n-1の前景領域に属する、前景の成分F01/v、F02/v、F03/v、およびF04/vから構成される画素P04の位置は、動き補償により、フレーム#nの前景領域に属する、前景の成分F01/v、F02/v、F03/v、およびF04/vから構成される画素C04の位置と一致する。

【0286】フレーム#n-1の前景領域に属する、前景の成分F02/v、F03/v、F04/v、およびF05/vから構成される画素P05の位置は、動き補償により、フレーム#nの前景領域に属する、前景の成分F02/v、F03/v、F04/v、およびF05/vから構成される画素C05の位置と一致する。

【0287】同様に、フレーム#n-1の前景領域に属する画素P06、画素P07、画素P08、および画素P09の位置は、動き補償により、フレーム#nの前景領域に属する、それぞれ同一の値を有する画素C06、画素C07、画素C08、または画素C09の位置と一致する。

【0288】このように、前景領域に属する画素のフレ

ーム差分は0となるので、しきい値処理部255は、フレーム差分がしきい値Th以下であると判定し、画素C04、画素C05、画素C06、画素C07、画素C08、および画素C09に、前景領域に属することを示す値を設定する。

【0289】一方、動き補償により、フレーム#n-1の混合領域に属する画素P01の位置は、フレーム#nの前景領域に属する画素C01の位置に対応する。画素P01が、背景の成分B02/vを含むのに対して、画素C01は、背景の成分B06/vを含むので、減算部254は、背景の成分B02/vと背景の成分B06/vとに対応するフレーム差分を出力する。

【0290】背景の成分B02/vが背景の成分B06/vと異なるので、しきい値処理部255は、フレーム差分がしきい値Thより大きいと判定し、画素C01に、混合領域に属することを示す値を設定する。

【0291】動き補償により、フレーム#n-1の混合領域に属する画素P02の位置は、フレーム#nの前景領域に属する画素C02の位置に対応する。画素P02が、背景の成分B03/vを含むのに対して、画素C02は、背景の成分B07/vを含むので、減算部254は、背景の成分B03/vと背景の成分B07/vとに対応するフレーム差分を出力する。

【0292】背景の成分B03/vが背景の成分B07/vと異なるので、しきい値処理部255は、フレーム差分がしきい値Thより大きいと判定し、画素C02に、混合領域に属することを示す値を設定する。

【0293】同様に、減算部254は、混合領域に属する画素C03に対応して、背景の成分B04/vと背景の成分B08/vとに対応するフレーム差分を出力し、混合領域に属する画素C10に対応して、背景の成分B11/vと背景の成分B15/vとに対応するフレーム差分を出力し、混合領域に属する画素C11に対応して、背景の成分B12/vと背景の成分B16/vとに対応するフレーム差分を出力し、混合領域に属する画素C12に対応して、背景の成分B13/vと背景の成分B17/vとに対応するフレーム差分を出力する。

【0294】従って、しきい値処理部255は、画素C03、画素C10、画素C11、および画素C12のそれぞれに、混合領域に属することを示す値を設定する。

【0295】時間変化検出部256は、しきい値処理部255から供給された、混合領域を示す情報を含む領域情報を基に、さらに、カバードバックグラウンド領域およびアンカバードバックグラウンド領域を特定して、カバードバックグラウンド領域およびアンカバードバックグラウンド領域を示す情報を含む領域情報を生成する。

【0296】図37は、時間変化検出部256の構成を説明するブロック図である。フレームメモリ261は、フレーム#nの画素について領域を判定するとき、しきい値処理部255から供給された、フレーム#n-1、およびフレーム#nの混合領域を示す情報を含む領域情報を記憶する。

【0297】領域判定部262は、フレームメモリ26

1に記憶されているフレーム#n-1、およびフレーム#nの混合領域を示す情報を含む領域情報を基に、フレーム#nの混合領域の各画素について、カバードバックグラウンド領域に属するか、またはアンカバードバックグラウンド領域に属するかを判定して、カバードバックグラウンド領域およびアンカバードバックグラウンド領域を示す情報を含む領域情報を生成し、生成した領域情報を出力する。

【0298】図38および図39に示すように、フレーム#nの混合領域に属する画素に対応する、フレーム#n-1の画素が前景領域に属するとき、フレーム#nの混合領域に属する画素は、アンカバードバックグラウンド領域に属する。

【0299】フレーム#nの混合領域に属する画素に対応する、フレーム#n-1の画素が背景領域に属するとき、フレーム#nの混合領域に属する画素は、カバードバックグラウンド領域に属する。

【0300】領域判定部262は、図40に示すように、フレーム#n-1の対応する画素が前景領域に属するとき、フレーム#nの混合領域に属する画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると判定し、フレーム#n-1の対応する画素が背景領域に属するとき、フレーム#nの混合領域に属する画素がカバードバックグラウンド領域に属すると判定する。

【0301】次に、図41のフローチャートを参照して、領域特定部103の領域特定の処理を説明する。ステップS251において、領域特定部103のオブジェクト抽出部251は、入力画像を基に、例えば、輪郭検出の処理により、前景のオブジェクトに対応する前景の画像オブジェクトを抽出するとともに、背景領域に属する画素に背景領域に属することを示す値を設定して、領域特定オブジェクトを生成する。オブジェクト抽出部251は、生成した領域特定オブジェクトを動き補償部252および減算部254に供給する。

【0302】ステップS252において、動き補償部252は、動き検出部102から供給された動きベクトルおよびその位置情報を基に、オブジェクト抽出部251から供給された領域特定オブジェクトを動き補償する。動き補償部252は、動き補償された領域特定オブジェクトをフレームメモリ253に供給する。フレームメモリ253は、動き補償された領域特定オブジェクトを記憶し、記憶されている領域特定オブジェクトを減算部254に供給する。

【0303】ステップS253において、減算部254は、オブジェクト抽出部251から供給されたフレーム#nの領域特定オブジェクトと、動き補償された、フレームメモリ253から供給されたフレーム#n-1の領域特定オブジェクトとの差分を求め、求められた差分をしきい値処理部255に供給する。

【0304】ステップS254において、しきい値処理

部255は、しきい値 $Th$ を基に、フレーム $\#n$ の領域特定オブジェクトと、動き補償されたフレーム $\#n-1$ の領域特定オブジェクトとの差分から、混合領域を検出し、混合領域を示す情報を含む領域情報を外部に出力するか、または時間変化検出部256に供給する。

【0305】ステップS255において、時間変化検出部256は、混合領域を示す情報を含む領域情報を基に、カバードバックグラウンド領域またはアンカバードバックグラウンド領域を検出する処理を実行して、カバードバックグラウンド領域またはアンカバードバックグラウンド領域を示す情報を含む領域情報を生成し、生成した領域情報を出力し、処理は終了する。

【0306】次に、図42のフローチャートを参照して、図41のステップS255に対応する、混合領域を処理の対象とする、カバードバックグラウンド領域またはアンカバードバックグラウンド領域を検出する処理の詳細を説明する。

【0307】ステップS261において、時間変化検出部256の領域判定部262は、混合領域に属する注目している画素に対応する、前のフレームの画素が前景領域に属するか否かを判定し、前のフレームの対応する画素が前景領域に属すると判定された場合、ステップS262に進み、注目している画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると設定し、処理は終了する。

【0308】ステップS261において、前のフレームの対応する画素が背景領域に属すると判定された場合、ステップS263に進み、領域判定部262は、注目している画素がカバードバックグラウンド領域に属すると設定し、処理は終了する。

【0309】このように、領域特定部103は、注目している画素が存在するフレームの、前景のオブジェクトに対応する前景の画像オブジェクト、および注目している画素が存在するフレームの前のフレームの、動き補償された前景の画像オブジェクトを基に、注目している画素が前景領域、背景領域、および混合領域のいずれかに属するかを特定して、特定した結果に対応する領域情報を生成することができる。

【0310】さらに、領域特定部103は、注目している画素が存在するフレームの前のフレームの領域情報を基に、混合領域に属する注目している画素が、アンカバードバックグラウンド領域に属するか否か、またはカバードバックグラウンド領域に属するか否かを検出することができる。

【0311】図43は、領域特定部103のさらに他の構成を示すブロック図である。図32に示す場合と同様の部分には同一の番号を付してあり、その説明は省略する。

【0312】識別部281は、動き検出部102から供給された動きベクトルおよびその位置情報、並びにしきい値処理部255から供給された混合領域を示す情報を

含む領域情報を基に、カバードバックグラウンド領域またはアンカバードバックグラウンド領域を特定して、カバードバックグラウンド領域またはアンカバードバックグラウンド領域を示す情報を含む領域情報を生成して、生成した領域情報を出力する。

【0313】図44は、識別部281の判定の処理を説明する図である。前景のオブジェクトに対応する前景の画像オブジェクトの動き方向の先端部に注目している画素が位置するとき、注目している画素は、カバードバックグラウンド領域に属する。前景のオブジェクトに対応する前景の画像オブジェクトの動き方向の後端部に注目している画素が位置するとき、注目している画素は、アンカバードバックグラウンド領域に属する。従って、識別部281は、混合領域に属する注目している画素の位置を基準として、動きベクトルで示される位置の画素が前景領域に属するとき、注目している画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると判定する。識別部281は、前景領域に属する所定の画素の位置を基準として、混合領域に属する注目している画素の位置が動きベクトルで示されるとき、注目している画素がカバードバックグラウンド領域に属すると判定する。

【0314】図45のフローチャートを参照して、混合領域を処理の対象とする、識別部281によるカバードバックグラウンド領域またはアンカバードバックグラウンド領域の検出の処理を説明する。

【0315】ステップS281において、識別部281は、注目している画素が前景のオブジェクトの動き方向の先端部に位置するか否かを判定し、注目している画素が前景のオブジェクトの動き方向の先端部に位置すると判定された場合、ステップS282に進み、注目している画素がカバードバックグラウンド領域に属する旨を設定して、処理は終了する。

【0316】ステップS281において、注目している画素が前景のオブジェクトの動き方向の先端部に位置しないと判定された場合、注目している画素が前景のオブジェクトの動き方向の後端部に位置するので、識別部281は、ステップS283に進み、注目している画素がアンカバードバックグラウンド領域に属する旨を設定して、処理は終了する。

【0317】このように、領域特定部103は、動きベクトルを基に、混合領域に属する注目している画素がカバードバックグラウンド領域に属するか、またはアンカバードバックグラウンド領域に属するかを識別することができる。

【0318】図46は、混合比算出部104の構成の一例を示すブロック図である。推定混合比処理部401は、入力画像を基に、カバードバックグラウンド領域のモデルに対応する演算により、画素毎に推定混合比を算出して、算出した推定混合比を混合比決定部403に供給する。

【0319】推定混合比処理部402は、入力画像を基に、アンカバードバックグラウンド領域のモデルに対応する演算により、画素毎に推定混合比を算出して、算出した推定混合比を混合比決定部403に供給する。

【0320】前景に対応するオブジェクトがシャッター時間内に等速で動いていると仮定できるので、混合領域に属する画素の混合比 $\alpha$ は、以下の性質を有する。すなわち、混合比 $\alpha$ は、画素の位置の変化に対応して、直線的に変化する。画素の位置の変化を1次元とすれば、混合比 $\alpha$ の変化は、直線で表現することができ、画素の位置の変化を2次元とすれば、混合比 $\alpha$ の変化は、平面で表現することができる。

【0321】なお、1フレームの期間は短いので、前景に対応するオブジェクトが剛体であり、等速で移動していると仮定が成り立つ。

$$\begin{aligned} C06 &= B06/v + B06/v + F01/v + F02/v \\ &= P06/v + P06/v + F01/v + F02/v \\ &= 2/v \cdot P06 + \sum_{i=1}^2 F_i/v \end{aligned} \quad (4)$$

【0327】式(4)において、画素値C06を混合領域の画素の画素値Mと、画素値P06を背景領域の画素の画素値Bと表現する。すなわち、混合領域の画素の画素値Mおよび背景領域の画素の画素値Bは、それぞれ、式(5)および式(6)のように表現することができる。

$$M=C06 \quad (5)$$

$$B=P06 \quad (6)$$

【0329】式(4)中の $2/v$ は、混合比 $\alpha$ に対応する。動き量 $v$ が4なので、フレーム#nの左から7番目の画素の混合比 $\alpha$ は、0.5となる。

【0330】以上のように、注目しているフレーム#nの画素値Cを混合領域の画素値と見なし、フレーム#nの前のフレーム#n-1の画素値Pを背景領域の画素値と見なすことで、混合比 $\alpha$ を示す式(3)は、式(7)のように書き換えられる。

$$C=\alpha \cdot P+f \quad (7)$$

式(7)の $f$ は、注目している画素に含まれる前景の成分の和 $\sum_i F_i/v$ である。式(7)に含まれる変数は、混合比 $\alpha$ および前景の成分の和 $f$ の2つである。

【0332】同様に、アンカバードバックグラウンド領域における、動き量 $v$ が4であり、時間方向の仮想分割数が4である、画素値を時間方向に展開したモデルを図49に示す。

【0333】アンカバードバックグラウンド領域において、上述したカバーバックグラウンド領域における表

$$M_c = \frac{2}{v} \cdot B06 + \sum_{i=1}^2 F_i/v \quad (9)$$

式(9)の右辺第1項の $2/v$ は、混合比 $\alpha$ に相当する。式(9)の右辺第2項は、後のフレーム#n+1の画素値を

【0322】この場合、混合比 $\alpha$ の傾きは、前景のシャッター時間内での動き量 $v$ の逆比となる。

【0323】理想的な混合比 $\alpha$ の例を図47に示す。理想的な混合比 $\alpha$ の混合領域における傾き $1$ は、動き量 $v$ の逆数として表すことができる。

【0324】図47に示すように、理想的な混合比 $\alpha$ は、背景領域において、1の値を有し、前景領域において、0の値を有し、混合領域において、0を越え1未満の値を有する。

【0325】図48の例において、フレーム#nの左から7番目の画素の画素値C06は、フレーム#n-1の左から7番目の画素の画素値P06を用いて、式(4)で表すことができる。

【0326】

【数2】

現と同様に、注目しているフレーム#nの画素値Cを混合領域の画素値と見なし、フレーム#nの後のフレーム#n+1の画素値Nを背景領域の画素値と見なすことで、混合比 $\alpha$ を示す式(3)は、式(8)のように表現することができる。

$$C=\alpha \cdot N+f \quad (8)$$

【0335】なお、背景のオブジェクトが静止しているとして説明したが、背景のオブジェクトが動いている場合においても、背景の動き量 $v$ に対応させた位置の画素の画素値を利用することにより、式(4)乃至式(8)を適用することができる。例えば、図48において、背景に対応するオブジェクトの動き量 $v$ が2であり、仮想分割数が2であるとき、背景に対応するオブジェクトが図中の右側に動いているとき、式(6)における背景領域の画素の画素値Bは、画素値P04とされる。

【0336】式(7)および式(8)は、それぞれ2つの変数を含むので、そのままでは混合比 $\alpha$ を求めることができない。ここで、画像は一般的に空間的に相関が強いので近接する画素同士ではほぼ同じ画素値となる。

【0337】そこで、前景成分は、空間的に相関が強いので、前景の成分の和 $f$ を前または後のフレームから導き出せるように式を変形して、混合比 $\alpha$ を求める。

【0338】図50のフレーム#nの左から7番目の画素の画素値Mcは、式(9)で表すことができる。

【0339】

【数3】

利用して、式(10)のように表すこととする。

【0340】

【数4】

$$\sum_{i=11}^{12} Fi/v = \beta \cdot \sum_{i=7}^{10} Fi/v \quad (10)$$

【0341】ここで、前景の成分の空間相関を利用して、式(11)が成立するとする。

$$F=F05=F06=F07=F08=F09=F10=F11=F12 \quad (11)$$

式(10)は、式(11)を利用して、式(12)のよう置き換えることができる。

$$\begin{aligned} \sum_{i=11}^{12} Fi/v &= \frac{2}{v} \cdot F \\ &= \beta \cdot \frac{4}{v} \cdot F \end{aligned} \quad (12)$$

【0344】結果として、 $\beta$ は、式(13)で表すことができる。

【0345】

$$\beta = 2/4 \quad (13)$$

【0346】一般的に、式(11)に示すように混合領域に関する前景の成分が等しいと仮定すると、混合領域の全ての画素について、内分比の関係から式(14)

$$\begin{aligned} C &= \alpha \cdot P + f \\ &= \alpha \cdot P + (1-\alpha) \cdot \sum_{i=7}^{7+v-1} Fi/v \\ &= \alpha \cdot P + (1-\alpha) \cdot N \end{aligned} \quad (15)$$

【0350】同様に、式(14)が成立するとすれば、式(8)は、式(16)に示すように展開することができる。

$$\begin{aligned} C &= \alpha \cdot N + f \\ &= \alpha \cdot N + (1-\alpha) \cdot \sum_{i=7}^{7+v-1} Fi/v \\ &= \alpha \cdot N + (1-\alpha) \cdot P \end{aligned} \quad (16)$$

【0352】式(15)および式(16)において、 $C$ 、 $N$ 、および $P$ は、既知の画素値なので、式(15)および式(16)に含まれる変数は、混合比 $\alpha$ のみである。式(15)および式(16)における、 $C$ 、 $N$ 、および $P$ の関係を図51に示す。 $C$ は、混合比 $\alpha$ を算出する、フレーム# $n$ の注目している画素の画素値である。 $N$ は、注目している画素と空間方向の位置が対応する、フレーム# $n+1$ の画素の画素値である。 $P$ は、注目している画素と空間方向の位置が対応する、フレーム# $n-1$ の画素の画素値である。

【0353】従って、式(15)および式(16)のそれぞれに1つの変数が含まれることとなるので、3つのフレームの画素の画素値を利用して、混合比 $\alpha$ を算出す

$$\alpha = (C-N)/(P-N)$$

$$\alpha = (C-P)/(N-P)$$

【0356】図52は、推定混合比処理部401の構成を示すブロック図である。フレームメモリ421は、入力された画像をフレーム単位で記憶し、入力画像として

【0342】

【0343】

【数5】

が成立する。

【0347】

$$\beta = 1 - \alpha \quad (14)$$

【0348】式(14)が成立するとすれば、式(7)

は、式(15)に示すように展開することができる。

【0349】

【数6】

【0351】

【数7】

ることができる。式(15)および式(16)を解くことにより、正しい混合比 $\alpha$ が算出されるための条件は、混合領域に関する前景の成分が等しい、すなわち、前景のオブジェクトが静止しているとき撮像された前景の画像オブジェクトにおいて、前景のオブジェクトの動きの方向に対応する、画像オブジェクトの境界に位置する画素であって、動き量 $v$ の2倍の数の連続している画素の画素値が、一定であることである。

【0354】以上のように、カバードバックグラウンド領域に属する画素の混合比 $\alpha$ は、式(17)により算出され、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素の混合比 $\alpha$ は、式(18)により算出される。

【0355】

$$(17)$$

$$(18)$$

入力されているフレームから1つ後のフレームをフレームメモリ422および混合比演算部423に供給する。

【0357】フレームメモリ422は、入力された画像



をフレーム単位で記憶し、フレームメモリ421から供給されているフレームから1つ後のフレームを混合比演算部423に供給する。

【0358】従って、入力画像としてフレーム#n+1が混合比演算部423に入力されているとき、フレームメモリ421は、フレーム#nを混合比演算部423に供給し、フレームメモリ422は、フレーム#n-1を混合比演算部423に供給する。

【0359】混合比演算部423は、式(17)に示す演算により、フレーム#nの注目している画素の画素値C、注目している画素と空間的位置が対応する、フレーム#n+1の画素の画素値N、および注目している画素と空間的位置が対応する、フレーム#n-1の画素の画素値Pを基に、注目している画素の推定混合比を算出して、算出した推定混合比を出力する。例えば、背景が静止しているとき、混合比演算部423は、フレーム#nの注目している画素の画素値C、注目している画素とフレーム内の位置が同じ、フレーム#n+1の画素の画素値N、および注目している画素とフレーム内の位置が同じ、フレーム#n-1の画素の画素値Pを基に、注目している画素の推定混合比を算出して、算出した推定混合比を出力する。

【0360】このように、推定混合比処理部401は、入力画像を基に、推定混合比を算出して、混合比決定部403に供給することができる。

【0361】なお、推定混合比処理部402は、推定混合比処理部401が式(17)に示す演算により、注目している画素の推定混合比を算出するのに対して、式(18)に示す演算により、注目している画素の推定混合比を算出する部分が異なることを除き、推定混合比処理部401と同様なので、その説明は省略する。

【0362】図53は、推定混合比処理部401により算出された推定混合比の例を示す図である。図53に示す推定混合比は、等速で動いているオブジェクトに対応する前景の動き量 $v$ が1である場合の結果を、1ラインに対して示すものである。

【0363】推定混合比は、混合領域において、図47に示すように、ほぼ直線的に変化していることがわかる。

【0364】図46に戻り、混合比決定部403は、領域特定部103から供給された、混合比 $\alpha$ の算出の対象となる画素が、前景領域、背景領域、カバードバックグラウンド領域、またはアンカバードバックグラウンド領域のいずれかに属するかを示す領域情報を基に、混合比 $\alpha$ を設定する。混合比決定部403は、対象となる画素が前景領域に属する場合、0を混合比 $\alpha$ に設定し、対象となる画素が背景領域に属する場合、1を混合比 $\alpha$ に設定し、対象となる画素がカバードバックグラウンド領域に属する場合、推定混合比処理部401から供給された推定混合比を混合比 $\alpha$ に設定し、対象となる画素がアンカバードバックグラウンド領域に属する場合、推定混合

比処理部402から供給された推定混合比を混合比 $\alpha$ に設定する。混合比決定部403は、領域情報を基に設定した混合比 $\alpha$ を出力する。

【0365】図54は、混合比算出部104の他の構成を示すブロック図である。選択部441は、領域特定部103から供給された領域情報を基に、カバードバックグラウンド領域に属する画素および、これに対応する前および後のフレームの画素を推定混合比処理部442に供給する。選択部441は、領域特定部103から供給された領域情報を基に、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素および、これに対応する前および後のフレームの画素を推定混合比処理部443に供給する。

【0366】推定混合比処理部442は、選択部441から入力された画素値を基に、式(17)に示す演算により、カバードバックグラウンド領域に属する、注目している画素の推定混合比を算出して、算出した推定混合比を選択部444に供給する。

【0367】推定混合比処理部443は、選択部441から入力された画素値を基に、式(18)に示す演算により、アンカバードバックグラウンド領域に属する、注目している画素の推定混合比を算出して、算出した推定混合比を選択部444に供給する。

【0368】選択部444は、領域特定部103から供給された領域情報を基に、対象となる画素が前景領域に属する場合、0である推定混合比を選択して、混合比 $\alpha$ に設定し、対象となる画素が背景領域に属する場合、1である推定混合比を選択して、混合比 $\alpha$ に設定する。選択部444は、対象となる画素がカバードバックグラウンド領域に属する場合、推定混合比処理部442から供給された推定混合比を選択して混合比 $\alpha$ に設定し、対象となる画素がアンカバードバックグラウンド領域に属する場合、推定混合比処理部443から供給された推定混合比を選択して混合比 $\alpha$ に設定する。選択部444は、領域情報を基に選択して設定した混合比 $\alpha$ を出力する。

【0369】このように、図54に示す他の構成を有する混合比算出部104は、画像の含まれる画素毎に混合比 $\alpha$ を算出して、算出した混合比 $\alpha$ を出力することができる。

【0370】図55のフローチャートを参照して、図46に構成を示す混合比算出部104の混合比 $\alpha$ の算出の処理を説明する。ステップS401において、混合比算出部104は、領域特定部103から供給された領域情報を取得する。ステップS402において、推定混合比処理部401は、カバードバックグラウンド領域に対応するモデルにより推定混合比の演算の処理を実行し、算出した推定混合比を混合比決定部403に供給する。混合比推定の演算の処理の詳細は、図56のフローチャートを参照して、後述する。

【0371】ステップS403において、推定混合比処理部402は、アンカバードバックグラウンド領域に対



応するモデルにより推定混合比の演算の処理を実行し、算出した推定混合比を混合比決定部403に供給する。

【0372】ステップS404において、混合比算出部104は、フレーム全体について、混合比 $\alpha$ を推定したか否かを判定し、フレーム全体について、混合比 $\alpha$ を推定していないと判定された場合、ステップS402に戻り、次の画素について混合比 $\alpha$ を推定する処理を実行する。

【0373】ステップS404において、フレーム全体について、混合比 $\alpha$ を推定したと判定された場合、ステップS405に進み、混合比決定部403は、画素が、前景領域、背景領域、カバードバックグラウンド領域、またはアンカバードバックグラウンド領域のいずれかに属するかを示す、領域特定部103から供給された領域情報を基に、混合比 $\alpha$ を設定する。混合比決定部403は、対象となる画素が前景領域に属する場合、0を混合比 $\alpha$ に設定し、対象となる画素が背景領域に属する場合、1を混合比 $\alpha$ に設定し、対象となる画素がカバードバックグラウンド領域に属する場合、推定混合比処理部401から供給された推定混合比を混合比 $\alpha$ に設定し、対象となる画素がアンカバードバックグラウンド領域に属する場合、推定混合比処理部402から供給された推定混合比を混合比 $\alpha$ に設定し、処理は終了する。

【0374】このように、混合比算出部104は、領域特定部103から供給された領域情報、および入力画像を基に、各画素に対応する特徴量である混合比 $\alpha$ を算出することができる。

【0375】図54に構成を示す混合比算出部104の混合比 $\alpha$ の算出の処理は、図55のフローチャートで説明した処理と同様なので、その説明は省略する。

【0376】次に、図55のステップS402に対応する、カバードバックグラウンド領域に対応するモデルによる混合比推定の処理を図56のフローチャートを参照して説明する。

【0377】ステップS421において、混合比演算部423は、フレームメモリ421から、フレーム#nの注目画素の画素値Cを取得する。

【0378】ステップS422において、混合比演算部423は、フレームメモリ422から、注目画素に対応する、フレーム#n-1の画素の画素値Pを取得する。

【0379】ステップS423において、混合比演算部423は、入力画像に含まれる注目画素に対応する、フレーム#n+1の画素の画素値Nを取得する。

【0380】ステップS424において、混合比演算部423は、フレーム#nの注目画素の画素値C、フレーム#n-1の画素の画素値P、およびフレーム#n+1の画素の画素値Nを基に、推定混合比を演算する。

【0381】ステップS425において、混合比演算部423は、フレーム全体について、推定混合比を演算する処理を終了したか否かを判定し、フレーム全体につい

て、推定混合比を演算する処理を終了していないと判定された場合、ステップS421に戻り、次の画素について推定混合比を算出する処理を繰り返す。

【0382】ステップS425において、フレーム全体について、推定混合比を演算する処理を終了したと判定された場合、処理は終了する。

【0383】このように、推定混合比処理部401は、入力画像を基に、推定混合比を演算することができる。

【0384】図55のステップS403におけるアンカバードバックグラウンド領域に対応するモデルによる混合比推定の処理は、アンカバードバックグラウンド領域のモデルに対応する式を利用した、図56のフローチャートに示す処理と同様なので、その説明は省略する。

【0385】なお、図54に示す推定混合比処理部442および推定混合比処理部443は、図56に示すフローチャートと同様の処理を実行して推定混合比を演算するので、その説明は省略する。

【0386】また、背景に対応するオブジェクトが静止しているとして説明したが、背景領域に対応する画像が動きを含んでいても上述した混合比 $\alpha$ を求める処理を適用することができる。例えば、背景領域に対応する画像が一様に動いているとき、推定混合比処理部401は、背景の動きに対応して画像全体をシフトさせ、背景に対応するオブジェクトが静止している場合と同様に処理する。また、背景領域に対応する画像が局所毎に異なる背景の動きを含んでいるとき、推定混合比処理部401は、混合領域に属する画素に対応する画素として、背景の動きに対応した画素を選択して、上述の処理を実行する。

【0387】また、混合比算出部104は、全ての画素について、カバードバックグラウンド領域に対応するモデルによる混合比推定の処理のみを実行して、算出された推定混合比を混合比 $\alpha$ として出力するようにしてもよい。この場合において、混合比 $\alpha$ は、カバードバックグラウンド領域に属する画素について、背景の成分の割合を示し、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素について、前景の成分の割合を示す。アンカバードバックグラウンド領域に属する画素について、このように算出された混合比 $\alpha$ と1との差分の絶対値を算出して、算出した絶対値を混合比 $\alpha$ に設定すれば、信号処理装置は、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素について、背景の成分の割合を示す混合比 $\alpha$ を求めることができる。

【0388】なお、同様に、混合比算出部104は、全ての画素について、アンカバードバックグラウンド領域に対応するモデルによる混合比推定の処理のみを実行して、算出された推定混合比を混合比 $\alpha$ として出力するようにしてもよい。

【0389】次に、混合比 $\alpha$ が直線的に変化する性質を利用して混合比 $\alpha$ を算出する混合比算出部104につい

て説明する。

【0390】上述したように、式(7)および式(8)は、それぞれ2つの変数を含むので、そのままでは混合比 $\alpha$ を求めることができない。

【0391】そこで、シャッタ時間内において、前景に対応するオブジェクトが等速で動くことによる、画素の位置の変化に対応して、混合比 $\alpha$ が直線的に変化する性質を利用して、空間方向に、混合比 $\alpha$ と前景の成分の和 $f$ とを近似した式を立てる。混合領域に属する画素の画素値および背景領域に属する画素の画素値の粗の複数を利用して、混合比 $\alpha$ と前景の成分の和 $f$ とを近似した式を解く。

【0392】混合比 $\alpha$ の変化を、直線として近似すると、混合比 $\alpha$ は、式(19)で表される。

$$\alpha = i \cdot l + p \quad (19)$$

式(19)において、 $i$ は、注目している画素の位置を0とした空間方向のインデックスである。 $l$ は、混合比 $\alpha$ の直線の傾きである。 $p$ は、混合比 $\alpha$ の直線の切片である共に、注目している画素の混合比 $\alpha$ である。式(19)において、インデックス $i$ は、既知であるが、傾き $l$ および切片 $p$ は、未知である。

【0394】インデックス $i$ 、傾き $l$ 、および切片 $p$ の関係を図57に示す。

【0395】混合比 $\alpha$ を式(19)のように近似することにより、複数の画素に対して複数の異なる混合比 $\alpha$ は、2つの変数で表現される。図57に示す例において、5つの画素に対する5つの混合比は、2つの変数で

$$\begin{aligned} f(x) &= (1 - (j \cdot m + k \cdot q + p)) \cdot F_c \\ &= j \cdot (-m \cdot F_c) + k \cdot (-q \cdot F_c) + ((1-p) \cdot F_c) \\ &= j \cdot s + k \cdot t + u \end{aligned} \quad (25)$$

【0404】式(25)において、 $(-m \cdot F_c)$ 、 $(-q \cdot F_c)$ 、および $(1-p) \cdot F_c$ は、式(26)乃至式(28)に示すように置き換えられている。

$$s = -m \cdot F_c \quad (26)$$

$$t = -q \cdot F_c \quad (27)$$

$$u = (1-p) \cdot F_c \quad (28)$$

【0406】式(25)において、 $j$ は、注目している画素の位置を0とした水平方向のインデックスであり、 $k$ は、垂直方向のインデックスである。

【0407】このように、前景に対応するオブジェクト

$$\begin{aligned} M &= (j \cdot m + k \cdot q + p) \cdot B + j \cdot s + k \cdot t + u \\ &= j \cdot B \cdot m + k \cdot B \cdot q + B \cdot p + j \cdot s + k \cdot t + u \end{aligned} \quad (30)$$

【0412】式(30)において、未知の変数は、混合比 $\alpha$ の面の水平方向の傾き $m$ 、混合比 $\alpha$ の面の垂直方向の傾き $q$ 、混合比 $\alpha$ の面の切片 $p$ 、 $s$ 、 $t$ 、および $u$ の6つである。

【0413】注目している画素の近傍の画素に対応させて、式(30)に示す正規方程式に、画素値 $M$ または画

ある傾き $l$ および切片 $p$ により表現される。

【0396】図58に示す平面で混合比 $\alpha$ を近似すると、画像の水平方向および垂直方向の2つの方向に対応する動き $v$ を考慮したとき、式(19)を平面に拡張して、混合比 $\alpha$ は、式(20)で表される。

$$\alpha = j \cdot m + k \cdot q + p \quad (20)$$

式(20)において、 $j$ は、注目している画素の位置を0とした水平方向のインデックスであり、 $k$ は、垂直方向のインデックスである。 $m$ は、混合比 $\alpha$ の面の水平方向の傾きであり、 $q$ は、混合比 $\alpha$ の面の垂直方向の傾きである。 $p$ は、混合比 $\alpha$ の面の切片である。

【0398】例えば、図48に示すフレーム $n$ において、C05乃至C07について、それぞれ、式(21)乃至式(23)が成立する。

$$C05 = \alpha \cdot 05 \cdot B05 / v + f05 \quad (21)$$

$$C06 = \alpha \cdot 06 \cdot B06 / v + f06 \quad (22)$$

$$C07 = \alpha \cdot 07 \cdot B07 / v + f07 \quad (23)$$

【0400】前景の成分が近傍で一致する、すなわち、F01乃至F03が等しいとして、F01乃至F03を $F_c$ に置き換えると式(24)が成立する。

$$f(x) = (1 - \alpha(x)) \cdot F_c \quad (24)$$

式(24)において、 $x$ は、空間方向の位置を表す。

【0402】 $\alpha(x)$ を式(20)で置き換えると、式(24)は、式(25)として表すことができる。

【0403】

がシャッタ時間内において等速に移動し、前景に対応する成分が近傍において一定であるという仮定が成立するので、前景の成分の和は、式(25)で近似される。

【0408】なお、混合比 $\alpha$ を直線で近似する場合、前景の成分の和は、式(29)で表すことができる。

$$f(x) = i \cdot s + t + u \quad (29)$$

【0410】式(9)の混合比 $\alpha$ および前景成分の和を、式(20)および式(25)を利用して置き換えると、画素値 $M$ は、式(30)で表される。

【0411】

素値 $B$ を設定し、画素値 $M$ または画素値 $B$ が設定された複数の正規方程式を最小自乗法で解いて、混合比 $\alpha$ を算出する。

【0414】例えば、注目している画素の水平方向のインデックス $j$ を0とし、垂直方向のインデックス $k$ を0とし、注目している画素の近傍の3×3の画素について、

式(30)に示す正規方程式に画素値Mまたは画素値Bを設定すると、式(31)乃至式(39)を得る。

$$M_{1,-1}=(-1) \cdot B_{1,-1} \cdot m+(-1) \cdot B_{1,-1} \cdot q+B_{1,-1} \cdot p+(-1) \cdot s+(-1) \cdot t+u \quad (31)$$

$$M_{0,-1}=(0) \cdot B_{0,-1} \cdot m+(-1) \cdot B_{0,-1} \cdot q+B_{0,-1} \cdot p+(0) \cdot s+(-1) \cdot t+u \quad (32)$$

$$M_{1,1}=(+1) \cdot B_{1,1} \cdot m+(-1) \cdot B_{1,1} \cdot q+B_{1,1} \cdot p+(+1) \cdot s+(-1) \cdot t+u \quad (33)$$

$$M_{1,0}=(-1) \cdot B_{1,0} \cdot m+(0) \cdot B_{1,0} \cdot q+B_{1,0} \cdot p+(-1) \cdot s+(0) \cdot t+u \quad (34)$$

$$M_{0,0}=(0) \cdot B_{0,0} \cdot m+(0) \cdot B_{0,0} \cdot q+B_{0,0} \cdot p+(0) \cdot s+(0) \cdot t+u \quad (35)$$

$$M_{1,0}=(+1) \cdot B_{1,0} \cdot m+(0) \cdot B_{1,0} \cdot q+B_{1,0} \cdot p+(+1) \cdot s+(0) \cdot t+u \quad (36)$$

$$M_{1,+1}=(-1) \cdot B_{1,+1} \cdot m+(+1) \cdot B_{1,+1} \cdot q+B_{1,+1} \cdot p+(-1) \cdot s+(+1) \cdot t+u \quad (37)$$

$$M_{0,+1}=(0) \cdot B_{0,+1} \cdot m+(+1) \cdot B_{0,+1} \cdot q+B_{0,+1} \cdot p+(0) \cdot s+(+1) \cdot t+u \quad (38)$$

$$M_{1,+1}=(+1) \cdot B_{1,+1} \cdot m+(+1) \cdot B_{1,+1} \cdot q+B_{1,+1} \cdot p+(+1) \cdot s+(+1) \cdot t+u \quad (39)$$

【0415】注目している画素の水平方向のインデックスjが0であり、垂直方向のインデックスkが0であるので、注目している画素の混合比 $\alpha$ は、式(20)より、j=0およびk=0のときの値、すなわち、切片pに等しい。

【0416】従って、式(31)乃至式(39)の9つの式を基に、最小自乗法により、水平方向の傾きm、垂直方向の傾きq、切片p、s、t、およびuのそれぞれの値を算出し、切片pを混合比 $\alpha$ として出力すればよい。

【0417】次に、最小自乗法を適用して混合比 $\alpha$ を算出するより具体的な手順を説明する。

【0418】インデックスiおよびインデックスkを1つのインデックスxで表現すると、インデックスi、インデ

ックスk、およびインデックスxの関係は、式(40)で表される。

$$x=(j+1) \cdot 3+(k+1) \quad (40)$$

【0420】水平方向の傾きm、垂直方向の傾きq、切片p、s、t、およびuをそれぞれ変数w0,w1,w2,w3,w4、およびw5と表現し、jB,kB,B,j,k、および1をそれぞれa0,a1,a2,a3,a4、およびa5と表現する。誤差exを考慮すると、式(31)乃至式(39)は、式(41)に書き換えることができる。

$$\begin{aligned} & \text{【0421】} \\ & \text{【数8】} \end{aligned}$$

$$M_x = \sum_{y=0}^5 a_y \cdot w_y + e_x \quad (41)$$

式(41)において、xは、0乃至8の整数のいずれかの値である。

【0422】式(41)から、式(42)を導くことが

$$e_x = M_x - \sum_{y=0}^5 a_y \cdot w_y \quad (42)$$

【0424】ここで、最小自乗法を適用するため、誤差の自乗和Eを式(43)に示すようにに定義する。

$$E = \sum_{x=0}^8 e_x^2 \quad (43)$$

【0426】誤差が最小になるためには、誤差の自乗和Eに対する、変数wvの偏微分が0になればよい。ここで、vは、0乃至5の整数のいずれかの値である。従っ

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial w_v} &= 2 \cdot \sum_{x=0}^8 e_x \cdot \frac{\partial e_x}{\partial w_v} \\ &= 2 \cdot \sum_{x=0}^8 e_x \cdot a_v = 0 \end{aligned} \quad (44)$$

【0428】式(44)に式(42)を代入すると、式

できる。

$$\begin{aligned} & \text{【0423】} \\ & \text{【数9】} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{【0425】} \\ & \text{【数10】} \end{aligned}$$

て、式(44)を満たすようにwvを求める。

$$\begin{aligned} & \text{【0427】} \\ & \text{【数11】} \end{aligned}$$

(45)を得る。

【0429】

【数12】

$$\sum_{x=0}^5 (a_v \cdot \sum_{y=0}^5 a_y \cdot w_y) = \sum_{x=0}^5 a_v \cdot M_x \quad (45)$$

【0430】式(45)のvに0乃至5の整数のいずれか1つを代入して得られる6つの式に、例えば、掃き出し法(Gauss-Jordanの消去法)などを適用して、wyを算出する。上述したように、w0は水平方向の傾きmであり、w1は垂直方向の傾きqであり、w2は切片pであり、w3はsであり、w4はtであり、w5はuである。

【0431】以上のように、画素値Mおよび画素値Bを設定した式に、最小自乗法を適用することにより、水平方向の傾きm、垂直方向の傾きq、切片p、s、t、およびuを求めることができる。

【0432】式(31)乃至式(39)に対応する説明において、混合領域に含まれる画素の画素値をMとし、背景領域に含まれる画素の画素値をBとして説明したが、注目している画素が、カバードバックグラウンド領域に含まれる場合、またはアンカバードバックグラウンド領域に含まれる場合のそれぞれに対して、正規方程式

$$Mc1=(-1) \cdot Bc1 \cdot m+(-1) \cdot Bc1 \cdot q+Bc1 \cdot p+(-1) \cdot s+(-1) \cdot t+u \quad (46)$$

$$Mc2=(0) \cdot Bc2 \cdot m+(-1) \cdot Bc2 \cdot q+Bc2 \cdot p+(0) \cdot s+(-1) \cdot t+u \quad (47)$$

$$Mc3=(+1) \cdot Bc3 \cdot m+(-1) \cdot Bc3 \cdot q+Bc3 \cdot p+(+1) \cdot s+(-1) \cdot t+u \quad (48)$$

$$Mc4=(-1) \cdot Bc4 \cdot m+(0) \cdot Bc4 \cdot q+Bc4 \cdot p+(-1) \cdot s+(0) \cdot t+u \quad (49)$$

$$Mc5=(0) \cdot Bc5 \cdot m+(0) \cdot Bc5 \cdot q+Bc5 \cdot p+(0) \cdot s+(0) \cdot t+u \quad (50)$$

$$Mc6=(+1) \cdot Bc6 \cdot m+(0) \cdot Bc6 \cdot q+Bc6 \cdot p+(+1) \cdot s+(0) \cdot t+u \quad (51)$$

$$Mc7=(-1) \cdot Bc7 \cdot m+(+1) \cdot Bc7 \cdot q+Bc7 \cdot p+(-1) \cdot s+(+1) \cdot t+u \quad (52)$$

$$Mc8=(0) \cdot Bc8 \cdot m+(+1) \cdot Bc8 \cdot q+Bc8 \cdot p+(0) \cdot s+(+1) \cdot t+u \quad (53)$$

$$Mc9=(+1) \cdot Bc9 \cdot m+(+1) \cdot Bc9 \cdot q+Bc9 \cdot p+(+1) \cdot s+(+1) \cdot t+u \quad (54)$$

【0436】フレーム#nのカバードバックグラウンド領域に含まれる画素の混合比 $\alpha$ を算出するとき、式(46)乃至式(54)において、フレーム#nの画素に対応する、フレーム#n-1の画素の背景領域の画素の画素値Bc1乃至Bc9が使用される。

$$Mu1=(-1) \cdot Bu1 \cdot m+(-1) \cdot Bu1 \cdot q+Bu1 \cdot p+(-1) \cdot s+(-1) \cdot t+u \quad (55)$$

$$Mu2=(0) \cdot Bu2 \cdot m+(-1) \cdot Bu2 \cdot q+Bu2 \cdot p+(0) \cdot s+(-1) \cdot t+u \quad (56)$$

$$Mu3=(+1) \cdot Bu3 \cdot m+(-1) \cdot Bu3 \cdot q+Bu3 \cdot p+(+1) \cdot s+(-1) \cdot t+u \quad (57)$$

$$Mu4=(-1) \cdot Bu4 \cdot m+(0) \cdot Bu4 \cdot q+Bu4 \cdot p+(-1) \cdot s+(0) \cdot t+u \quad (58)$$

$$Mu5=(0) \cdot Bu5 \cdot m+(0) \cdot Bu5 \cdot q+Bu5 \cdot p+(0) \cdot s+(0) \cdot t+u \quad (59)$$

$$Mu6=(+1) \cdot Bu6 \cdot m+(0) \cdot Bu6 \cdot q+Bu6 \cdot p+(+1) \cdot s+(0) \cdot t+u \quad (60)$$

$$Mu7=(-1) \cdot Bu7 \cdot m+(+1) \cdot Bu7 \cdot q+Bu7 \cdot p+(-1) \cdot s+(+1) \cdot t+u \quad (61)$$

$$Mu8=(0) \cdot Bu8 \cdot m+(+1) \cdot Bu8 \cdot q+Bu8 \cdot p+(0) \cdot s+(+1) \cdot t+u \quad (62)$$

$$Mu9=(+1) \cdot Bu9 \cdot m+(+1) \cdot Bu9 \cdot q+Bu9 \cdot p+(+1) \cdot s+(+1) \cdot t+u \quad (63)$$

【0438】フレーム#nのアンカバードバックグラウンド領域に含まれる画素の混合比 $\alpha$ を算出するとき、式(55)乃至式(63)において、フレーム#nの画素に対応する、フレーム#n+1の画素の背景領域の画素の画素値Bu1乃至Bu9が使用される。

【0439】図60は、推定混合比処理部401の構成を示すブロック図である。推定混合比処理部401に入力された画像は、遅延部501および足し込み部502

を立てる必要がある。

【0433】例えば、図48に示す、フレーム#nのカバードバックグラウンド領域に含まれる画素の混合比 $\alpha$ を求める場合、フレーム#nの画素のC04乃至C08、およびフレーム#n-1の画素の画素値P04乃至P08が、正規方程式に設定される。

【0434】図49に示す、フレーム#nのアンカバードバックグラウンド領域に含まれる画素の混合比 $\alpha$ を求める場合、フレーム#nの画素のC28乃至C32、およびフレーム#n+1の画素の画素値N28乃至N32が、正規方程式に設定される。

【0435】また、例えば、図59に示す、カバードバックグラウンド領域に含まれる画素の混合比 $\alpha$ を算出するとき、以下の式(46)乃至式(54)が立てられる。混合比 $\alpha$ を算出する画素の画素値は、Mc5である。

【0437】図59に示す、アンカバードバックグラウンド領域に含まれる画素の混合比 $\alpha$ を算出するとき、以下の式(55)乃至式(63)が立てられる。混合比 $\alpha$ を算出する画素の画素値は、Mu5である。

に供給される。

【0440】遅延回路221は、入力画像を1フレーム遅延させ、足し込み部502に供給する。足し込み部502に、入力画像としてフレーム#nが入力されているとき、遅延回路221は、フレーム#n-1を足し込み部502に供給する。

【0441】足し込み部502は、混合比 $\alpha$ を算出する画素の近傍の画素の画素値、およびフレーム#n-1の画素

値を、正規方程式に設定する。例えば、足し込み部502は、式(46)乃至式(54)に基づいて、正規方程式に画素値 $Mc1$ 乃至 $Mc9$ および画素値 $Bc1$ 乃至 $Bc9$ を設定する。足し込み部502は、画素値が設定された正規方程式を演算部503に供給する。

【0442】演算部503は、足し込み部502から供給された正規方程式を掃き出し法などにより解いて推定混合比を求め、求められた推定混合比を出力する。

【0443】このように、推定混合比処理部401は、入力画像を基に、推定混合比を算出して、混合比決定部403に供給することができる。

【0444】なお、推定混合比処理部402は、推定混合比処理部401と同様の構成を有するので、その説明は省略する。

【0445】図61は、推定混合比処理部401により算出された推定混合比の例を示す図である。図61に示す推定混合比は、等速で動いているオブジェクトに対応する前景の動き $v$ が11であり、 $7 \times 7$ 画素のブロックを単位として方程式を生成して算出された結果を、1ラインに対して示すものである。

【0446】推定混合比は、混合領域において、図60に示すように、ほぼ直線的に変化していることがわかる。

【0447】次に、図60に構成を示す推定混合比処理部401による、カバードバックグラウンド領域に対応するモデルによる混合比推定の処理を図62のフローチャートを参照して説明する。

【0448】ステップS521において、足し込み部502は、入力された画像に含まれる画素値、および遅延回路221から供給される画像に含まれる画素値を、カバードバックグラウンド領域のモデルに対応する正規方程式に設定する。

【0449】ステップS522において、推定混合比処理部401は、対象となる画素についての設定が終了したか否かを判定し、対象となる画素についての設定が終了していないと判定された場合、ステップS521に戻り、正規方程式への画素値の設定の処理を繰り返す。

【0450】ステップS522において、対象となる画素についての画素値の設定が終了したと判定された場合、ステップS523に進み、演算部173は、画素値が設定された正規方程式を基に、推定混合比を演算して、求められた推定混合比を出力する。

【0451】このように、図60に構成を示す推定混合比処理部401は、入力画像を基に、推定混合比を演算することができる。

【0452】アンカバードバックグラウンド領域に対応するモデルによる混合比推定の処理は、アンカバードバックグラウンド領域のモデルに対応する正規方程式を利用した、図62のフローチャートに示す処理と同様なので、その説明は省略する。

【0453】なお、背景に対応するオブジェクトが静止しているとして説明したが、背景領域に対応する画像が動きを含んでいても上述した混合比を求める処理を適用することができる。例えば、背景領域に対応する画像が一樣に動いているとき、推定混合比処理部401は、この動きに対応して画像全体をシフトさせ、背景に対応するオブジェクトが静止している場合と同様に処理する。また、背景領域に対応する画像が局所毎に異なる動きを含んでいるとき、推定混合比処理部401は、混合領域に属する画素に対応する画素として、動きに対応した画素を選択して、上述の処理を実行する。

【0454】このように、混合比算出部102は、領域特定部101から供給された領域情報、および入力画像を基に、各画素に対応する特徴量である混合比 $\alpha$ を算出することができる。

【0455】混合比 $\alpha$ を利用することにより、動いているオブジェクトに対応する画像に含まれる動きボケの情報を残したままで、画素値に含まれる前景の成分と背景の成分とを分離することが可能になる。

【0456】また、混合比 $\alpha$ に基づいて画像を合成すれば、実世界を実際に撮影し直したような動いているオブジェクトのスピードに合わせた正しい動きボケを含む画像を作ることが可能になる。

【0457】次に、前景背景分離部105について説明する。図63は、前景背景分離部105の構成の一例を示すブロック図である。前景背景分離部105に供給された入力画像は、分離部601、スイッチ602、およびスイッチ604に供給される。カバードバックグラウンド領域を示す情報、およびアンカバードバックグラウンド領域を示す、領域特定部103から供給された領域情報は、分離部601に供給される。前景領域を示す領域情報は、スイッチ602に供給される。背景領域を示す領域情報は、スイッチ604に供給される。

【0458】混合比算出部104から供給された混合比 $\alpha$ は、分離部601に供給される。

【0459】分離部601は、カバードバックグラウンド領域を示す領域情報、アンカバードバックグラウンド領域を示す領域情報、および混合比 $\alpha$ を基に、入力画像から前景の成分を分離して、分離した前景の成分を合成部603に供給するとともに、入力画像から背景の成分を分離して、分離した背景の成分を合成部605に供給する。

【0460】スイッチ602は、前景領域を示す領域情報を基に、前景に対応する画素が入力されたとき、閉じられ、入力画像に含まれる前景に対応する画素のみを合成部603に供給する。

【0461】スイッチ604は、背景領域を示す領域情報を基に、背景に対応する画素が入力されたとき、閉じられ、入力画像に含まれる背景に対応する画素のみを合成部605に供給する。

【0462】合成部603は、分離部601から供給された前景に対応する成分、スイッチ602から供給された前景に対応する画素を基に、前景成分画像を合成し、合成した前景成分画像を出力する。前景領域と混合領域とは重複しないので、合成部603は、例えば、前景に対応する成分と、前景に対応する画素とに論理和の演算を適用して、前景成分画像を合成する。

【0463】合成部603は、前景成分画像の合成の処理の最初に行われる初期化の処理において、内蔵しているフレームメモリに全ての画素値が0である画像を格納し、前景成分画像の合成の処理において、前景成分画像を格納(上書き)する。従って、合成部603が出力する前景成分画像の内、背景領域に対応する画素には、画素値として0が格納されている。

【0464】合成部605は、分離部601から供給された背景に対応する成分、スイッチ604から供給された背景に対応する画素を基に、背景成分画像を合成して、合成した背景成分画像を出力する。背景領域と混合領域とは重複しないので、合成部605は、例えば、背景に対応する成分と、背景に対応する画素とに論理和の演算を適用して、背景成分画像を合成する。

【0465】合成部605は、背景成分画像の合成の処理の最初に行われる初期化の処理において、内蔵しているフレームメモリに全ての画素値が0である画像を格納し、背景成分画像の合成の処理において、背景成分画像を格納(上書き)する。従って、合成部605が出力する背景成分画像の内、前景領域に対応する画素には、画素値として0が格納されている。

【0466】図64は、前景背景分離部105に入力される入力画像、並びに前景背景分離部105から出力される前景成分画像および背景成分画像を示す図である。

【0467】図64(A)は、表示される画像の模式図であり、図64(B)は、図64(A)に対応する前景領域に属する画素、背景領域に属する画素、および混合領域に属する画素を含む1ラインの画素を時間方向に展開したモデル図を示す。

【0468】図64(A)および図64(B)に示すように、前景背景分離部105から出力される背景成分画像は、背景領域に属する画素、および混合領域の画素に含まれる背景の成分から構成される。

【0469】図64(A)および図64(B)に示すように、前景背景分離部105から出力される前景成分画像は、前景領域に属する画素、および混合領域の画素に含まれる前景の成分から構成される。

【0470】混合領域の画素の画素値は、前景背景分離部105により、背景の成分と、前景の成分とに分離される。分離された背景の成分は、背景領域に属する画素

と共に、背景成分画像を構成する。分離された前景の成分は、前景領域に属する画素と共に、前景成分画像を構成する。

【0471】このように、前景成分画像は、背景領域に対応する画素の画素値が0とされ、前景領域に対応する画素および混合領域に対応する画素に意味のある画素値が設定される。同様に、背景成分画像は、前景領域に対応する画素の画素値が0とされ、背景領域に対応する画素および混合領域に対応する画素に意味のある画素値が設定される。

【0472】次に、分離部601が実行する、混合領域に属する画素から前景の成分、および背景の成分を分離する処理について説明する。

【0473】図65は、図中の左から右に移動するオブジェクトに対応する前景を含む、2つのフレームの前景の成分および背景の成分を示す画像のモデルである。図65に示す画像のモデルにおいて、前景の動き量 $v$ は4であり、仮想分割数は、4とされている。

【0474】フレーム $\#n$ において、最も左の画素、および左から14番目乃至18番目の画素は、背景の成分のみから成り、背景領域に属する。フレーム $\#n$ において、左から2番目乃至4番目の画素は、背景の成分および前景の成分を含み、アンカバードバックグラウンド領域に属する。フレーム $\#n$ において、左から11番目乃至13番目の画素は、背景の成分および前景の成分を含み、カバードバックグラウンド領域に属する。フレーム $\#n$ において、左から5番目乃至10番目の画素は、前景の成分のみから成り、前景領域に属する。

【0475】フレーム $\#n+1$ において、左から1番目乃至5番目の画素、および左から18番目の画素は、背景の成分のみから成り、背景領域に属する。フレーム $\#n+1$ において、左から6番目乃至8番目の画素は、背景の成分および前景の成分を含み、アンカバードバックグラウンド領域に属する。フレーム $\#n+1$ において、左から15番目乃至17番目の画素は、背景の成分および前景の成分を含み、カバードバックグラウンド領域に属する。フレーム $\#n+1$ において、左から9番目乃至14番目の画素は、前景の成分のみから成り、前景領域に属する。

【0476】図66は、カバードバックグラウンド領域に属する画素から前景の成分を分離する処理を説明する図である。図66において、 $\alpha 1$ 乃至 $\alpha 18$ は、フレーム $\#n$ における画素のそれぞれに対応する混合比である。図66において、左から15番目乃至17番目の画素は、カバードバックグラウンド領域に属する。

【0477】フレーム $\#n$ の左から15番目の画素の画素値 $C15$ は、式(64)で表される。

【0478】

$$\begin{aligned} C15 &= B15/v + F09/v + F08/v + F07/v \\ &= \alpha 15 \cdot B15 + F09/v + F08/v + F07/v \\ &= \alpha 15 \cdot P15 + F09/v + F08/v + F07/v \end{aligned}$$

(64)

ここで、 $\alpha 15$ は、フレーム#nの左から15番目の画素の混合比である。 $P15$ は、フレーム#n-1の左から15番目の画素の画素値である。

【0479】式(64)を基に、フレーム#nの左から15番目の画素の画素値である。

$$f15 = F09/v + F08/v + F07/v$$

$$= C15 - \alpha 15 \cdot P15$$

【0481】同様に、フレーム#nの左から16番目の画素の前景の成分の和 $f16$ は、式(66)で表され、フレーム#nの左から17番目の画素の前景の成分の和 $f17$ は、式(67)で表される。

【0482】

$$f16 = C16 - \alpha 16 \cdot P16 \quad (66)$$

$$f17 = C17 - \alpha 17 \cdot P17 \quad (67)$$

【0483】このように、カバードバックグラウンド領域に属する画素の画素値 $C$ に含まれる前景の成分 $f_c$ は、式(68)で計算される。

【0484】

$$f_c = C - \alpha \cdot P \quad (68)$$

$$C02 = B02/v + B02/v + B02/v + F01/v$$

$$= \alpha 2 \cdot B02 + F01/v$$

$$= \alpha 2 \cdot N02 + F01/v$$

ここで、 $\alpha 2$ は、フレーム#nの左から2番目の画素の混合比である。 $N02$ は、フレーム#n+1の左から2番目の画素の画素値である。

【0488】式(69)を基に、フレーム#nの左から2番目の画素の画素値である。

$$f02 = F01/v$$

$$= C02 - \alpha 2 \cdot N02$$

【0490】同様に、フレーム#nの左から3番目の画素の前景の成分の和 $f03$ は、式(71)で表され、フレーム#nの左から4番目の画素の前景の成分の和 $f04$ は、式

$$f03 = C03 - \alpha 3 \cdot N03$$

$$f04 = C04 - \alpha 4 \cdot N04$$

【0492】このように、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素の画素値 $C$ に含まれる前景の成分 $f_u$ は、式(73)で計算される。

【0493】

$$f_u = C - \alpha \cdot N \quad (73)$$

$N$ は、1つ後のフレームの、対応する画素の画素値である。

【0494】このように、分離部601は、領域情報に含まれる、カバードバックグラウンド領域を示す情報、およびアンカバードバックグラウンド領域を示す情報、並びに画素毎の混合比 $\alpha$ を基に、混合領域に属する画素から前景の成分、および背景の成分を分離することができる。

【0495】図68は、以上で説明した処理を実行する分離部601の構成の一例を示すブロック図である。分離部601に入力された画像は、フレームメモリ621に供給され、混合比算出部104から供給されたカバードバックグラウンド領域およびアンカバードバックグラ

5番目の画素の前景の成分の和 $f15$ は、式(65)で表される。

【0480】

(65)

$P$ は、1つ前のフレームの、対応する画素の画素値である。

【0485】図67は、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素から前景の成分を分離する処理を説明する図である。図67において、 $\alpha 1$ 乃至 $\alpha 18$ は、フレーム#nにおける画素のそれぞれに対応する混合比である。図67において、左から2番目乃至4番目の画素は、アンカバードバックグラウンド領域に属する。

【0486】フレーム#nの左から2番目の画素の画素値 $C02$ は、式(69)で表される。

【0487】

(69)

番目の画素の前景の成分の和 $f02$ は、式(70)で表される。

【0489】

(70)

(72)で表される。

【0491】

(71)

(72)

ウンド領域を示す領域情報、並びに混合比 $\alpha$ は、分離処理ブロック622に入力される。

【0496】フレームメモリ621は、入力された画像をフレーム単位で記憶する。フレームメモリ621は、処理の対象がフレーム#nであるとき、フレーム#nの1つ前のフレームであるフレーム#n-1、フレーム#n、およびフレーム#nの1つ後のフレームであるフレーム#n+1を記憶する。

【0497】フレームメモリ621は、フレーム#n-1、フレーム#n、およびフレーム#n+1の対応する画素を分離処理ブロック622に供給する。

【0498】分離処理ブロック622は、カバードバックグラウンド領域およびアンカバードバックグラウンド領域を示す領域情報、並びに混合比 $\alpha$ を基に、フレームメモリ621から供給されたフレーム#n-1、フレーム#n、およびフレーム#n+1の対応する画素の画素値に図66および図67を参照して説明した演算を適用して、フレーム#nの混合領域に属する画素から前景の成分および



背景の成分を分離して、フレームメモリ623に供給する。

【0499】分離処理ブロック622は、アンカバード領域処理部631、カバード領域処理部632、合成部633、および合成部634で構成されている。

【0500】アンカバード領域処理部631の乗算器641は、混合比 $\alpha$ を、フレームメモリ621から供給されたフレーム#n+1の画素の画素値に乘じて、スイッチ642に出力する。スイッチ642は、フレームメモリ621から供給されたフレーム#nの画素（フレーム#n+1の画素に対応する）がアンカバードバックグラウンド領域であるとき、閉じられ、乗算器641から供給された混合比 $\alpha$ を乗じた画素値を演算器643および合成部634に供給する。スイッチ642から出力されるフレーム#n+1の画素の画素値に混合比 $\alpha$ を乗じた値は、フレーム#nの対応する画素の画素値の背景の成分に等しい。

【0501】演算器643は、フレームメモリ621から供給されたフレーム#nの画素の画素値から、スイッチ642から供給された背景の成分を減じて、前景の成分を求める。演算器643は、アンカバードバックグラウンド領域に属する、フレーム#nの画素の前景の成分を合成部633に供給する。

【0502】カバード領域処理部632の乗算器651は、混合比 $\alpha$ を、フレームメモリ621から供給されたフレーム#n-1の画素の画素値に乘じて、スイッチ652に出力する。スイッチ652は、フレームメモリ621から供給されたフレーム#nの画素（フレーム#n-1の画素に対応する）がカバードバックグラウンド領域であるとき、閉じられ、乗算器651から供給された混合比 $\alpha$ を乗じた画素値を演算器653および合成部634に供給する。スイッチ652から出力されるフレーム#n-1の画素の画素値に混合比 $\alpha$ を乗じた値は、フレーム#nの対応する画素の画素値の背景の成分に等しい。

【0503】演算器653は、フレームメモリ621から供給されたフレーム#nの画素の画素値から、スイッチ652から供給された背景の成分を減じて、前景の成分を求める。演算器653は、カバードバックグラウンド領域に属する、フレーム#nの画素の前景の成分を合成部633に供給する。

【0504】合成部633は、フレーム#nの、演算器643から供給された、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素の前景の成分、および演算器653から供給された、カバードバックグラウンド領域に属する画素の前景の成分を合成して、フレームメモリ623に供給する。

【0505】合成部634は、フレーム#nの、スイッチ642から供給された、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素の背景の成分、およびスイッチ652から供給された、カバードバックグラウンド領域に属する画素の背景の成分を合成して、フレームメモリ623

に供給する。

【0506】フレームメモリ623は、分離処理ブロック622から供給された、フレーム#nの混合領域の画素の前景の成分と、背景の成分とをそれぞれに記憶する。

【0507】フレームメモリ623は、記憶しているフレーム#nの混合領域の画素の前景の成分、および記憶しているフレーム#nの混合領域の画素の背景の成分を出力する。

【0508】特徴量である混合比 $\alpha$ を利用することにより、画素値に含まれる前景の成分と背景の成分とを完全に分離することが可能になる。

【0509】合成部603は、分離部601から出力された、フレーム#nの混合領域の画素の前景の成分と、前景領域に属する画素とを合成して前景成分画像を生成する。合成部605は、分離部601から出力された、フレーム#nの混合領域の画素の背景の成分と、背景領域に属する画素とを合成して背景成分画像を生成する。

【0510】図69は、図65のフレーム#nに対応する、前景成分画像の例と、背景成分画像の例を示す図である。

【0511】図69(A)は、図65のフレーム#nに対応する、前景成分画像の例を示す。最も左の画素、および左から14番目の画素は、前景と背景が分離される前において、背景の成分のみから成っていたので、画素値が0とされる。

【0512】左から2番目乃至4番目の画素は、前景と背景とが分離される前において、アンカバードバックグラウンド領域に属し、背景の成分が0とされ、前景の成分がそのまま残されている。左から11番目乃至13番目の画素は、前景と背景とが分離される前において、カバードバックグラウンド領域に属し、背景の成分が0とされ、前景の成分がそのまま残されている。左から5番目乃至10番目の画素は、前景の成分のみから成るので、そのまま残される。

【0513】図69(B)は、図65のフレーム#nに対応する、背景成分画像の例を示す。最も左の画素、および左から14番目の画素は、前景と背景とが分離される前において、背景の成分のみから成っていたので、そのまま残される。

【0514】左から2番目乃至4番目の画素は、前景と背景とが分離される前において、アンカバードバックグラウンド領域に属し、前景の成分が0とされ、背景の成分がそのまま残されている。左から11番目乃至13番目の画素は、前景と背景とが分離される前において、カバードバックグラウンド領域に属し、前景の成分が0とされ、背景の成分がそのまま残されている。左から5番目乃至10番目の画素は、前景と背景とが分離される前において、前景の成分のみから成っていたので、画素値が0とされる。

【0515】次に、図70に示すフローチャートを参照

して、前景背景分離部105による前景と背景との分離の処理を説明する。ステップS601において、分離部601のフレームメモリ621は、入力画像を取得し、前景と背景との分離の対象となるフレーム $n$ を、その前のフレーム $n-1$ およびその後のフレーム $n+1$ と共に記憶する。

【0516】ステップS602において、分離部601の分離処理ブロック622は、混合比算出部104から供給された領域情報を取得する。ステップS603において、分離部601の分離処理ブロック622は、混合比算出部104から供給された混合比 $\alpha$ を取得する。

【0517】ステップS604において、アンカバード領域処理部631は、領域情報および混合比 $\alpha$ を基に、フレームメモリ621から供給された、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素の画素値から、背景の成分を抽出する。

【0518】ステップS605において、アンカバード領域処理部631は、領域情報および混合比 $\alpha$ を基に、フレームメモリ621から供給された、アンカバードバックグラウンド領域に属する画素の画素値から、前景の成分を抽出する。

【0519】ステップS606において、カバード領域処理部632は、領域情報および混合比 $\alpha$ を基に、フレームメモリ621から供給された、カバードバックグラウンド領域に属する画素の画素値から、背景の成分を抽出する。

【0520】ステップS607において、カバード領域処理部632は、領域情報および混合比 $\alpha$ を基に、フレームメモリ621から供給された、カバードバックグラウンド領域に属する画素の画素値から、前景の成分を抽出する。

【0521】ステップS608において、合成部633は、ステップS605の処理で抽出されたアンカバードバックグラウンド領域に属する画素の前景の成分と、ステップS607の処理で抽出されたカバードバックグラウンド領域に属する画素の前景の成分とを合成する。合成された前景の成分は、合成部603に供給される。更に、合成部603は、スイッチ602を介して供給された前景領域に属する画素と、分離部601から供給された前景の成分とを合成して、前景成分画像を生成する。

【0522】ステップS609において、合成部634は、ステップS604の処理で抽出されたアンカバードバックグラウンド領域に属する画素の背景の成分と、ステップS606の処理で抽出されたカバードバックグラウンド領域に属する画素の背景の成分とを合成する。合成された背景の成分は、合成部605に供給される。更に、合成部605は、スイッチ604を介して供給された背景領域に属する画素と、分離部601から供給された背景の成分とを合成して、背景成分画像を生成する。

【0523】ステップS610において、合成部603

は、前景成分画像を出力する。ステップS611において、合成部605は、背景成分画像を出力し、処理は終了する。

【0524】このように、前景背景分離部105は、領域情報および混合比 $\alpha$ を基に、入力画像から前景の成分と、背景の成分とを分離し、前景の成分のみから成る前景成分画像、および背景の成分のみから成る背景成分画像を出力することができる。

【0525】次に、前景成分画像からの動きボケの量の調整について説明する。

【0526】図71は、動きボケ調整部106の構成の一例を示すブロック図である。動き検出部102から供給された動きベクトルとその位置情報、および領域特定部103から供給された領域情報は、処理単位決定部801およびモデル化部802に供給される。前景背景分離部105から供給された前景成分画像は、足し込み部804に供給される。

【0527】処理単位決定部801は、動きベクトルとその位置情報、および領域情報を基に、動きベクトルと共に、生成した処理単位をモデル化部802に供給する。処理単位決定部801は、生成した処理単位を足し込み部804に供給する。

【0528】処理単位決定部801が生成する処理単位は、図72に例を示すように、前景成分画像のカバードバックグラウンド領域に対応する画素から始まり、アンカバードバックグラウンド領域に対応する画素までの動き方向に並ぶ連続する画素、またはアンカバードバックグラウンド領域に対応する画素から始まり、カバードバックグラウンド領域に対応する画素までの動き方向に並ぶ連続する画素を示す。処理単位は、例えば、左上点（処理単位で指定される画素であって、画像上で最も左または最も上に位置する画素の位置）および右下点の2つのデータから成る。

【0529】モデル化部802は、動きベクトルおよび入力された処理単位を基に、モデル化を実行する。より具体的には、例えば、モデル化部802は、処理単位に含まれる画素の数、画素値の時間方向の仮想分割数、および画素毎の前景の成分の数に対応する複数のモデルを予め記憶しておき、処理単位、および画素値の時間方向の仮想分割数を基に、図73に示すような、画素値と前景の成分との対応を指定するモデルを選択するようにしても良い。

【0530】例えば、処理単位に対応する画素の数が12でありシャッタ時間内の動き量 $v$ が5であるときにおいては、モデル化部802は、仮想分割数を5とし、最も左に位置する画素が1つの前景の成分を含み、左から2番目の画素が2つの前景の成分を含み、左から3番目の画素が3つの前景の成分を含み、左から4番目の画素が4つの前景の成分を含み、左から5番目の画素が5つの前景の成分を含み、左から6番目の画素が5つの前景

の成分を含み、左から7番目の画素が5つの前景の成分を含み、左から8番目の画素が5つの前景の成分を含み、左から9番目の画素が4つの前景の成分を含み、左から10番目の画素が3つの前景の成分を含み、左から11番目の画素が2つの前景の成分を含み、左から12番目の画素が1つの前景の成分を含み、全体として8つの前景の成分から成るモデルを選択する。

【0531】なお、モデル化部802は、予め記憶してあるモデルから選択するのではなく、動きベクトル、および処理単位が供給されたとき、動きベクトル、および処理単位を基に、モデルを生成するようにしてもよい。

【0532】モデル化部802は、選択したモデルを方程式生成部803に供給する。

$$\begin{aligned} C01 &= F01/v & (74) \\ C02 &= F02/v + F01/v & (75) \\ C03 &= F03/v + F02/v + F01/v & (76) \\ C04 &= F04/v + F03/v + F02/v + F01/v & (77) \\ C05 &= F05/v + F04/v + F03/v + F02/v + F01/v & (78) \\ C06 &= F06/v + F05/v + F04/v + F03/v + F02/v & (79) \\ C07 &= F07/v + F06/v + F05/v + F04/v + F03/v & (80) \\ C08 &= F08/v + F07/v + F06/v + F05/v + F04/v & (81) \\ C09 &= F08/v + F07/v + F06/v + F05/v & (82) \\ C10 &= F08/v + F07/v + F06/v & (83) \\ C11 &= F08/v + F07/v & (84) \\ C12 &= F08/v & (85) \end{aligned}$$

【0536】方程式生成部803は、生成した方程式を する方程式を、式(86)乃至式(97)に示す。変形して方程式を生成する。方程式生成部803が生成

$$\begin{aligned} C01 &= 1 \cdot F01/v + 0 \cdot F02/v + 0 \cdot F03/v + 0 \cdot F04/v + 0 \cdot F05/v \\ &\quad + 0 \cdot F06/v + 0 \cdot F07/v + 0 \cdot F08/v & (86) \\ C02 &= 1 \cdot F01/v + 1 \cdot F02/v + 0 \cdot F03/v + 0 \cdot F04/v + 0 \cdot F05/v \\ &\quad + 0 \cdot F06/v + 0 \cdot F07/v + 0 \cdot F08/v & (87) \\ C03 &= 1 \cdot F01/v + 1 \cdot F02/v + 1 \cdot F03/v + 0 \cdot F04/v + 0 \cdot F05/v \\ &\quad + 0 \cdot F06/v + 0 \cdot F07/v + 0 \cdot F08/v & (88) \\ C04 &= 1 \cdot F01/v + 1 \cdot F02/v + 1 \cdot F03/v + 1 \cdot F04/v + 0 \cdot F05/v \\ &\quad + 0 \cdot F06/v + 0 \cdot F07/v + 0 \cdot F08/v & (89) \\ C05 &= 1 \cdot F01/v + 1 \cdot F02/v + 1 \cdot F03/v + 1 \cdot F04/v + 1 \cdot F05/v \\ &\quad + 0 \cdot F06/v + 0 \cdot F07/v + 0 \cdot F08/v & (90) \\ C06 &= 0 \cdot F01/v + 1 \cdot F02/v + 1 \cdot F03/v + 1 \cdot F04/v + 1 \cdot F05/v \\ &\quad + 1 \cdot F06/v + 0 \cdot F07/v + 0 \cdot F08/v & (91) \\ C07 &= 0 \cdot F01/v + 0 \cdot F02/v + 1 \cdot F03/v + 1 \cdot F04/v + 1 \cdot F05/v \\ &\quad + 1 \cdot F06/v + 1 \cdot F07/v + 0 \cdot F08/v & (92) \\ C08 &= 0 \cdot F01/v + 0 \cdot F02/v + 0 \cdot F03/v + 1 \cdot F04/v + 1 \cdot F05/v \\ &\quad + 1 \cdot F06/v + 1 \cdot F07/v + 1 \cdot F08/v & (93) \\ C09 &= 0 \cdot F01/v + 0 \cdot F02/v + 0 \cdot F03/v + 0 \cdot F04/v + 1 \cdot F05/v \\ &\quad + 1 \cdot F06/v + 1 \cdot F07/v + 1 \cdot F08/v & (94) \\ C10 &= 0 \cdot F01/v + 0 \cdot F02/v + 0 \cdot F03/v + 0 \cdot F04/v + 0 \cdot F05/v \\ &\quad + 1 \cdot F06/v + 1 \cdot F07/v + 1 \cdot F08/v & (95) \\ C11 &= 0 \cdot F01/v + 0 \cdot F02/v + 0 \cdot F03/v + 0 \cdot F04/v + 0 \cdot F05/v \\ &\quad + 0 \cdot F06/v + 1 \cdot F07/v + 1 \cdot F08/v & (96) \\ C12 &= 0 \cdot F01/v + 0 \cdot F02/v + 0 \cdot F03/v + 0 \cdot F04/v + 0 \cdot F05/v \end{aligned}$$

【0533】方程式生成部803は、モデル化部802から供給されたモデルを基に、方程式を生成する。図73に示す前景成分画像のモデルを参照して、前景の成分の数が8であり、処理単位に対応する画素の数が12であり、動き量vが5であり、仮想分割数が5であるときの、方程式生成部803が生成する方程式について説明する。

【0534】前景成分画像に含まれるシャッタ時間/vに対応する前景成分がF01/v乃至F08/vであるとき、F01/v乃至F08/vと画素値C01乃至C12との関係は、式(74)乃至式(85)で表される。

【0535】

【0537】式(86)乃至式(97)は、式(98)として表すこともできる。

$$C_j = \sum_{i=0}^{63} a_{ij} \cdot F_{ilv} \quad (98)$$

式(98)において、jは、画素の位置を示す。この例において、jは、1乃至12のいずれか1つの値を有する。また、iは、前景値の位置を示す。この例において、iは、1乃至8のいずれか1つの値を有する。a<sub>ij</sub>は、iおよびjの値に対応して、0または1の値を有す

る。  
【0538】誤差を考慮して表現すると、式(98)は、式(99)のように表すことができる。  
【0540】  
【数14】

$$C_j = \sum_{i=0}^{63} a_{ij} \cdot F_{ilv} + e_j \quad (99)$$

式(99)において、e<sub>j</sub>は、注目画素C<sub>j</sub>に含まれる誤差である。

【0541】式(99)は、式(100)に書き換える

$$e_j = C_j - \sum_{i=0}^{63} a_{ij} \cdot F_{ilv} \quad (100)$$

【0543】ここで、最小自乗法を適用するため、誤差の自乗和Eを式(101)に示すように定義する。

$$E = \sum_{j=0}^N e_j^2 \quad (101)$$

【0545】誤差が最小になるためには、誤差の自乗和Eに対する、変数F<sub>k</sub>による偏微分の値が0になればよい。式(102)を満たすようにF<sub>k</sub>を求める。

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial F_k} &= 2 \cdot \sum_{j=0}^N e_j \cdot \frac{\partial e_j}{\partial F_k} \\ &= 2 \cdot \sum_{j=0}^N \left\{ \left( C_j - \sum_{i=0}^{63} a_{ij} \cdot F_{ilv} \right) \cdot (-a_{kj}/v) \right\} = 0 \end{aligned} \quad (102)$$

【0547】式(102)において、動き量vは固定値であるから、式(103)を導くことができる。

$$\sum_{j=0}^N a_{kj} \cdot \left( C_j - \sum_{i=0}^{63} a_{ij} \cdot F_{ilv} \right) = 0 \quad (103)$$

【0549】式(103)を展開して、移項すると、式(104)を得る。

$$\sum_{j=0}^N (a_{kj} \cdot \sum_{i=0}^{63} a_{ij} \cdot F_{ilv}) = v \cdot \sum_{j=0}^N a_{kj} \cdot C_j \quad (104)$$

【0551】式(104)のkに1乃至8の整数のいずれか1つを代入して得られる8つの式に展開する。得られた8つの式を、行列により1つの式により表すことができる。この式を正規方程式と呼ぶ。

【0552】このような最小自乗法に基づく、方程式生

【0548】  
【数18】

【0550】  
【数19】

成部803が生成する正規方程式の例を式(105)に示す。

【0553】  
【数20】

$$\begin{bmatrix} 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 4 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F01 \\ F02 \\ F03 \\ F04 \\ F05 \\ F06 \\ F07 \\ F08 \end{bmatrix} = v \cdot \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^8 C_i \\ \sum_{i=1}^8 C_i \\ \sum_{i=1}^8 C_i \\ \sum_{i=1}^8 C_i \\ \sum_{i=1}^8 C_i \\ \sum_{i=1}^8 C_i \\ \sum_{i=1}^8 C_i \\ \sum_{i=1}^8 C_i \end{bmatrix} \quad (105)$$

【0554】式(105)を $A \cdot F = v \cdot C$ と表すと、 $C, A, v$ が既知であり、 $F$ は未知である。また、 $A, v$ は、モデル化の時点で既知だが、 $C$ は、足し込み動作において画素値を入力することで既知となる。

【0555】最小自乗法に基づく正規方程式により前景成分を算出することにより、画素 $C$ に含まれている誤差を分散させることができる。

【0556】方程式生成部803は、このように生成された正規方程式を足し込み部804に供給する。

【0557】足し込み部804は、処理単位決定部801から供給された処理単位を基に、前景成分画像に含まれる画素値 $C$ を、方程式生成部803から供給された行列の式に設定する。足し込み部804は、画素値 $C$ を設定した行列を演算部805に供給する。

【0558】演算部805は、掃き出し法(Gauss-Jordanの消去法)などの解法に基づく処理により、動きボケが除去された前景成分 $F_i/v$ を算出して、動きボケが除去された前景の画素値である、0乃至8の整数のいずれかの $i$ に対応する $F_i$ を算出して、図74に例を示す、動きボケが除去された画素値である $F_i$ から成る、動きボケが除去された前景成分画像を動きボケ付加部806および選択部807に出力する。

【0559】なお、図74に示す動きボケが除去された前景成分画像において、C03乃至C10のそれぞれにF01乃至F08のそれぞれが設定されているのは、画面に対する前景成分画像の位置を変化させないためであり、任意の位置に対応させることができる。

【0560】動きボケ付加部806は、動き量 $v$ とは異なる値の動きボケ調整量 $v'$ 、例えば、動き量 $v$ の半分の

$$\begin{bmatrix} 4 & 3 & 2 & 1 & 0 \\ 3 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 & 3 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 3 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F01 \\ F02 \\ F03 \\ F04 \\ F05 \end{bmatrix} = v \cdot \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^5 C_i \\ \sum_{i=1}^5 C_i \\ \sum_{i=1}^5 C_i \\ \sum_{i=1}^5 C_i \\ \sum_{i=1}^5 C_i \end{bmatrix} \quad (106)$$

【0566】動きボケ調整部106は、このように処理単位の長さに対応した数の式を立てて、動きボケの量が調整された画素値である $F_i$ を算出する。同様に、例え

値の動きボケ調整量 $v'$ や、動き量 $v$ と無関係の値の動きボケ調整量 $v'$ を与えることで、動きボケの量を調整することができる。例えば、図75に示すように、動きボケ付加部806は、動きボケが除去された前景の画素値 $F_i$ を動きボケ調整量 $v'$ で除することにより、前景成分 $F_i/v'$ を算出して、前景成分 $F_i/v'$ の和を算出して、動きボケの量が調整された画素値を生成する。例えば、動きボケ調整量 $v'$ が3のとき、画素値C02は、 $(F01)/v'$ とされ、画素値C03は、 $(F01+F02)/v'$ とされ、画素値C04は、 $(F01+F02+F03)/v'$ とされ、画素値C05は、 $(F02+F03+F04)/v'$ とされる。

【0561】動きボケ付加部806は、動きボケの量を調整した前景成分画像を選択部807に供給する。

【0562】選択部807は、例えば使用者の選択に対応した選択信号を基に、演算部805から供給された動きボケが除去された前景成分画像、および動きボケ付加部806から供給された動きボケの量が調整された前景成分画像のいずれか一方を選択して、選択した前景成分画像を出力する。

【0563】このように、動きボケ調整部106は、選択信号および動きボケ調整量 $v'$ を基に、動きボケの量を調整することができる。

【0564】また、例えば、図76に示すように、処理単位に対応する画素の数が8であり、動き量 $v$ が4であるとき、動きボケ調整部106は、式(106)に示す行列の式を生成する。

【0565】

【数21】

ば、処理単位に含まれる画素の数が100あるとき、100個の画素に対応する式を生成して、 $F_i$ を算出する。

【0567】図77は、動きボケ調整部106の他の構

成を示す図である。図71に示す場合と同様の部分には同一の番号を付してあり、その説明は省略する。

【0568】選択部821は、選択信号を基に、入力された動きベクトルとその位置信号をそのまま処理単位決定部801およびモデル化部802に供給するか、または動きベクトルの大きさを動きボケ調整量 $v'$ に置き換えて、その大きさが動きボケ調整量 $v'$ に置き換えられた動きベクトルとその位置信号を処理単位決定部801およびモデル化部802に供給する。

【0569】このようにすることで、図77の動きボケ調整部106の処理単位決定部801乃至演算部805は、動き量 $v$ と動きボケ調整量 $v'$ との値に対応して、動きボケの量を調整することができる。例えば、動き量 $v$ が5であり、動きボケ調整量 $v'$ が3であるとき、図77の動きボケ調整部106の処理単位決定部801乃至演算部805は、図73に示す動き量 $v$ が5である前景成分画像に対して、3である動きボケ調整量 $v'$ に対応する図75に示すようなモデルに従って、演算を実行し、 $(\text{動き量 } v) / (\text{動きボケ調整量 } v') = 5/3$ 、すなわちほぼ1.7の動き量 $v$ に応じた動きボケを含む画像を算出する。なお、この場合、算出される画像は、3である動き量 $v$ に対応した動きボケを含むのではないので、動きボケ付加部806の結果とは動き量 $v$ と動きボケ調整量 $v'$ の関係の意味合いが異なる点に注意が必要である。

【0570】以上のように、動きボケ調整部106は、動き量 $v$ および処理単位に対応して、式を生成し、生成した式に前景成分画像の画素値を設定して、動きボケの量が調整された前景成分画像を算出する。

【0571】次に、図78のフローチャートを参照して、動きボケ調整部106による前景成分画像に含まれる動きボケの量の調整の処理を説明する。

【0572】ステップS801において、動きボケ調整部106の処理単位決定部801は、動きベクトルおよび領域情報を基に、処理単位を生成し、生成した処理単位をモデル化部802に供給する。

【0573】ステップS802において、動きボケ調整部106のモデル化部802は、動き量 $v$ および処理単位に対応して、モデルの選択や生成を行う。ステップS803において、方程式生成部803は、選択されたモデルを基に、正規方程式を作成する。

【0574】ステップS804において、足し込み部804は、作成された正規方程式に前景成分画像の画素値を設定する。ステップS805において、足し込み部804は、処理単位に対応する全ての画素の画素値の設定を行ったか否かを判定し、処理単位に対応する全ての画素の画素値の設定を行っていないと判定された場合、ステップS804に戻り、正規方程式への画素値の設定の処理を繰り返す。

【0575】ステップS805において、処理単位の全ての画素の画素値の設定を行ったと判定された場合、ス

テップS806に進み、演算部805は、足し込み部804から供給された画素値が設定された正規方程式を基に、動きボケの量を調整した前景の画素値を算出して、処理は終了する。

【0576】このように、動きボケ調整部106は、動きベクトルおよび領域情報を基に、動きボケを含む前景画像から動きボケの量を調整することができる。

【0577】すなわち、サンプルデータである画素値に含まれる動きボケの量を調整することができる。

【0578】以上のように、図2に構成を示す信号処理装置は、入力画像に含まれる動きボケの量を調整することができる。図2に構成を示す信号処理装置は、埋もれた情報である混合比 $\alpha$ を算出して、算出した混合比 $\alpha$ を出力することができる。

【0579】図79は、動きボケ調整部106の構成の他の一例を示すブロック図である。動き検出部102から供給された動きベクトルとその位置情報は、処理単位決定部901および補正部905に供給され、領域特定部103から供給された領域情報は、処理単位決定部901に供給される。前景背景分離部105から供給された前景成分画像は、演算部904に供給される。

【0580】処理単位決定部901は、動きベクトルとその位置情報、および領域情報を基に、動きベクトルと共に、生成した処理単位をモデル化部902に供給する。

【0581】モデル化部902は、動きベクトルおよび入力された処理単位を基に、モデル化を実行する。より具体的には、例えば、モデル化部902は、処理単位に含まれる画素の数、画素値の時間方向の仮想分割数、および画素毎の前景の成分の数に対応する複数のモデルを予め記憶しておき、処理単位、および画素値の時間方向の仮想分割数を基に、図80に示すような、画素値と前景の成分との対応を指定するモデルを選択するようにしても良い。

【0582】例えば、処理単位に対応する画素の数が12であり動き量 $v$ が5であるときにおいては、モデル化部902は、仮想分割数を5とし、最も左に位置する画素が1つの前景の成分を含み、左から2番目の画素が2つの前景の成分を含み、左から3番目の画素が3つの前景の成分を含み、左から4番目の画素が4つの前景の成分を含み、左から5番目の画素が5つの前景の成分を含み、左から6番目の画素が5つの前景の成分を含み、左から7番目の画素が5つの前景の成分を含み、左から8番目の画素が5つの前景の成分を含み、左から9番目の画素が4つの前景の成分を含み、左から10番目の画素が3つの前景の成分を含み、左から11番目の画素が2つの前景の成分を含み、左から12番目の画素が1つの前景の成分を含み、全体として8つの前景の成分から成るモデルを選択する。

【0583】なお、モデル化部902は、予め記憶して



あるモデルから選択するのではなく、動きベクトル、および処理単位が供給されたとき、動きベクトル、および処理単位を基に、モデルを生成するようにしてもよい。

【0584】方程式生成部903は、モデル化部902から供給されたモデルを基に、方程式を生成する。

【0585】図80乃至図82に示す前景成分画像のモデルを参照して、前景の成分の数が8であり、処理単位に対応する画素の数が12であり、動き量 $v$ が5であるときの、方程式生成部903が生成する方程式の例について説明する。

$$F08/v=C12$$

$$F07/v=C11-C12$$

【0589】同様に、画素値C10乃至C01に含まれる前景の成分を考慮すると、前景の成分 $F06/v$ 乃至 $F01/v$ は、式(109)乃至式(114)により求めることができ

$$F06/v=C10-C11$$

$$F05/v=C09-C10$$

$$F04/v=C08-C09$$

$$F03/v=C07-C08+C12$$

$$F02/v=C06-C07+C11-C12$$

$$F01/v=C05-C06+C10-C11$$

【0591】方程式生成部903は、式(107)乃至式(114)に例を示す、画素値の差により前景の成分を算出するための方程式を生成する。方程式生成部903は、生成した方程式を演算部904に供給する。

【0592】演算部904は、方程式生成部903から供給された方程式に前景成分画像の画素値を設定して、画素値を設定した方程式を基に、前景の成分を算出する。演算部904は、例えば、式(107)乃至式(114)が方程式生成部903から供給されたとき、式(107)乃至式(114)に画素値C05乃至C12を設定する。

【0593】演算部904は、画素値が設定された式に基づき、前景の成分を算出する。例えば、演算部904は、画素値C05乃至C12が設定された式(107)乃至式(114)に基づく演算により、図81に示すように、前景の成分 $F01/v$ 乃至 $F08/v$ を算出する。演算部904は、前景の成分 $F01/v$ 乃至 $F08/v$ を補正部905に供給する。

【0594】補正部905は、演算部904から供給された前景の成分に、処理単位決定部901から供給された動きベクトルに含まれる動き量 $v$ を乗じて、動きボケを除去した前景の画素値を算出する。例えば、補正部905は、演算部904から供給された前景の成分 $F01/v$ 乃至 $F08/v$ が供給されたとき、前景の成分 $F01/v$ 乃至 $F08/v$ のそれぞれに、5である動き量 $v$ を乗じることにより、図82に示すように、動きボケを除去した前景の画素値 $F01$ 乃至 $F08$ を算出する。

【0595】補正部905は、以上のように算出された、動きボケを除去した前景の画素値から成る前景成分

【0586】前景成分画像に含まれるシャット時間 $v$ に対応する前景成分が $F01/v$ 乃至 $F08/v$ であるとき、 $F01/v$ 乃至 $F08/v$ と画素値C01乃至C12との関係は、上述したように、式(74)乃至式(85)で表される。

【0587】画素値C12およびC11に注目すると、画素値C12は、式(107)に示すように、前景の成分 $F08/v$ のみを含み、画素値C11は、前景の成分 $F08/v$ および前景の成分 $F07/v$ の積和から成る。従って、前景の成分 $F07/v$ は、式(108)で求めることができる。

【0588】

$$(107)$$

$$(108)$$

る。

【0590】

$$(109)$$

$$(110)$$

$$(111)$$

$$(112)$$

$$(113)$$

$$(114)$$

画像を動きボケ付加部906および選択部907に供給する。

【0596】動きボケ付加部906は、動き量 $v$ とは異なる値の動きボケ調整量 $v'$ 、例えば、動き量 $v$ の半分の値の動きボケ調整量 $v'$ 、動き量 $v$ と無関係の値の動きボケ調整量 $v'$ で、動きボケの量を調整することができる。例えば、図75に示すように、動きボケ付加部906は、動きボケが除去された前景の画素値 $F_i$ を動きボケ調整量 $v'$ で除することにより、前景成分 $F_i/v'$ を算出して、前景成分 $F_i/v'$ の和を算出して、動きボケの量が調整された画素値を生成する。例えば、動きボケ調整量 $v'$ が3のとき、画素値C02は、 $(F01)/v'$ とされ、画素値C03は、 $(F01+F02)/v'$ とされ、画素値C04は、 $(F01+F02+F03)/v'$ とされ、画素値C05は、 $(F02+F03+F04)/v'$ とされる。

【0597】動きボケ付加部906は、動きボケの量を調整した前景成分画像を選択部907に供給する。

【0598】選択部907は、例えば使用者の選択に対応した選択信号を基に、補正部905から供給された動きボケが除去された前景成分画像、および動きボケ付加部906から供給された動きボケの量が調整された前景成分画像のいずれか一方を選択して、選択した前景成分画像を出力する。

【0599】このように、動きボケ調整部106は、選択信号および動きボケ調整量 $v'$ を基に、動きボケの量を調整することができる。

【0600】次に、図79に構成を示す動きボケ調整部106による前景の動きボケの量の調整の処理を図83のフローチャートを参照して説明する。

【0601】ステップS901において、動きボケ調整部106の処理単位決定部901は、動きベクトルおよび領域情報を基に、処理単位を生成し、生成した処理単位をモデル化部902および補正部905に供給する。

【0602】ステップS902において、動きボケ調整部106のモデル化部902は、動き量 $v$ および処理単位に対応して、モデルの選択や生成を行う。ステップS903において、方程式生成部903は、選択または生成されたモデルを基に、前景成分画像の画素値の差により前景の成分を算出するための方程式を生成する。

【0603】ステップS904において、演算部904は、作成された方程式に前景成分画像の画素値を設定し、画素値が設定された方程式を基に、画素値の差分から前景の成分を抽出する。ステップS905において、演算部904は、処理単位に対応する全ての前景の成分を抽出したか否かを判定し、処理単位に対応する全ての前景の成分を抽出していないと判定された場合、ステップS904に戻り、前景の成分を抽出の処理を繰り返す。

【0604】ステップS905において、処理単位に対応する全ての前景の成分を抽出したと判定された場合、ステップS906に進み、補正部905は、動き量 $v$ を基に、演算部904から供給された前景の成分 $F01/v$ 乃至 $F08/v$ のそれぞれを補正して、動きボケを除去した前景の画素値 $F01$ 乃至 $F08$ を算出する。

【0605】ステップS907において、動きボケ付加部906は、動きボケの量を調整した前景の画素値を算出して、選択部907は、動きボケが除去された画像または動きボケの量が調整された画像のいずれかを選択して、選択した画像を出力して、処理は終了する。

【0606】このように、図79に構成を示す動きボケ調整部106は、より簡単な演算で、より迅速に、動きボケを含む前景画像から動きボケを調整することができる。

【0607】ウィナー・フィルタなど従来の動きボケを部分的に除去する手法が、理想状態では効果が認められるが、量子化され、ノイズを含んだ実際の画像に対して十分な効果が得られないのに対し、図79に構成を示す動きボケ調整部106においても、量子化され、ノイズを含んだ実際の画像に対しても十分な効果が認められ、精度の良い動きボケの除去が可能となる。

【0608】図84は、信号処理装置の機能の他の構成を示すブロック図である。

【0609】図2に示す部分と同様の部分には同一の番号を付してあり、その説明は適宜省略する。

【0610】領域特定部103は、領域情報を混合比算出部104および合成部1001に供給する。

【0611】混合比算出部104は、混合比 $\alpha$ を前景背景分離部105および合成部1001に供給する。

【0612】前景背景分離部105は、前景成分画像を

合成部1001に供給する。

【0613】合成部1001は、混合比算出部104から供給された混合比 $\alpha$ 、領域特定部103から供給された領域情報を基に、任意の背景画像と、前景背景分離部105から供給された前景成分画像とを合成して、任意の背景画像と前景成分画像とが合成された合成画像を出力する。

【0614】図85は、合成部1001の構成を示す図である。背景成分生成部1021は、混合比 $\alpha$ および任意の背景画像を基に、背景成分画像を生成して、混合領域画像合成部1022に供給する。

【0615】混合領域画像合成部1022は、背景成分生成部1021から供給された背景成分画像と前景成分画像とを合成することにより、混合領域合成画像を生成して、生成した混合領域合成画像を画像合成部1023に供給する。

【0616】画像合成部1023は、領域情報を基に、前景成分画像、混合領域画像合成部1022から供給された混合領域合成画像、および任意の背景画像を合成して、合成画像を生成して出力する。

【0617】このように、合成部1001は、前景成分画像を、任意の背景画像に合成することができる。

【0618】特徴量である混合比 $\alpha$ を基に前景成分画像を任意の背景画像と合成して得られた画像は、単に画素を合成した画像に比較し、より自然なものと成る。

【0619】図86は、動きボケの量を調整する信号処理装置の機能の更に他の構成を示すブロック図である。図2に示す信号処理装置が領域特定と混合比 $\alpha$ の算出を順番に行うのに対して、図86に示す信号処理装置は、領域特定と混合比 $\alpha$ の算出を並行して行う。

【0620】図2のブロック図に示す機能と同様の部分には同一の番号を付してあり、その説明は省略する。

【0621】入力画像は、混合比算出部1101、前景背景分離部1102、領域特定部103、およびオブジェクト抽出部101に供給される。

【0622】混合比算出部1101は、入力画像を基に、画素がカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、および画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比を、入力画像に含まれる画素のそれぞれに対して算出し、算出した画素がカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、および画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比を前景背景分離部1102に供給する。

【0623】図87は、混合比算出部1101の構成の一例を示すブロック図である。

【0624】図87に示す推定混合比処理部401は、図46に示す推定混合比処理部401と同じである。図87に示す推定混合比処理部402は、図46に示す推

定混合比処理部402と同じである。

【0625】推定混合比処理部401は、入力画像を基に、カバードバックグラウンド領域のモデルに対応する演算により、画素毎に推定混合比を算出して、算出した推定混合比を出力する。

【0626】推定混合比処理部402は、入力画像を基に、アンカバードバックグラウンド領域のモデルに対応する演算により、画素毎に推定混合比を算出して、算出した推定混合比を出力する。

【0627】前景背景分離部1102は、混合比算出部1101から供給された、画素がカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、および画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、並びに領域特定部103から供給された領域情報を基に、入力画像から前景成分画像を生成し、生成した前景成分画像を動きボケ調整部106および選択部107に供給する。

【0628】図88は、前景背景分離部1102の構成の一例を示すブロック図である。

【0629】図63に示す前景背景分離部105と同様の部分には同一の番号を付してあり、その説明は省略する。

【0630】選択部1121は、領域特定部103から供給された領域情報を基に、混合比算出部1101から供給された、画素がカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、および画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比のいずれか一方を選択して、選択した推定混合比を混合比 $\alpha$ として分離部601に供給する。

【0631】分離部601は、選択部1121から供給された混合比 $\alpha$ および領域情報を基に、混合領域に属する画素の画素値から前景の成分および背景の成分を抽出し、抽出した前景の成分を合成部603に供給すると共に、背景の成分を合成部605に供給する。

【0632】分離部601は、図68に示す構成と同じ構成とすることができる。

【0633】合成部603は、前景成分画像を合成して、出力する。合成部605は、背景成分画像を合成して出力する。

【0634】図86に示す動きボケ調整部106は、図2に示す場合と同様の構成とすることができ、領域情報および動きベクトルを基に、前景背景分離部1102から供給された前景成分画像に含まれる動きボケの量を調整して、動きボケの量が調整された前景成分画像を出力する。

【0635】図86に示す選択部107は、例えば使用者の選択に対応した選択信号を基に、前景背景分離部1102から供給された前景成分画像、および動きボケ調整部106から供給された動きボケの量が調整された前

景成分画像のいずれか一方を選択して、選択した前景成分画像を出力する。

【0636】このように、図86に構成を示す信号処理装置は、入力画像に含まれる前景のオブジェクトに対応する画像に対して、その画像に含まれる動きボケの量を調整して出力することができる。図86に構成を示す信号処理装置は、第1の実施例と同様に、埋もれた情報である混合比 $\alpha$ を算出して、算出した混合比 $\alpha$ を出力することができる。

【0637】図89は、前景成分画像を任意の背景画像と合成する信号処理装置の機能の他の構成を示すブロック図である。図84に示す信号処理装置が領域特定と混合比 $\alpha$ の算出をシリアルに行うのに対して、図89に示す信号処理装置は、領域特定と混合比 $\alpha$ の算出をパラレルに行う。

【0638】図86のブロック図に示す機能と同様の部分には同一の番号を付してあり、その説明は省略する。

【0639】図89に示す混合比算出部1101は、入力画像を基に、画素がカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、および画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比を、入力画像に含まれる画素のそれぞれに対して算出し、算出した画素がカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、および画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比を前景背景分離部1102および合成部1201に供給する。

【0640】図89に示す前景背景分離部1102は、混合比算出部1101から供給された、画素がカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、および画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、並びに領域特定部103から供給された領域情報を基に、入力画像から前景成分画像を生成し、生成した前景成分画像を合成部1201に供給する。

【0641】合成部1201は、混合比算出部1101から供給された、画素がカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、および画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比、領域特定部103から供給された領域情報を基に、任意の背景画像と、前景背景分離部1102から供給された前景成分画像とを合成して、任意の背景画像と前景成分画像とが合成された合成画像を出力する。

【0642】図90は、合成部1201の構成を示す図である。図85のブロック図に示す機能と同様の部分には同一の番号を付してあり、その説明は省略する。

【0643】選択部1221は、領域特定部103から供給された領域情報を基に、混合比算出部1101から供給された、画素がカバードバックグラウンド領域に属

すると仮定した場合における推定混合比、および画素がアンカバードバックグラウンド領域に属すると仮定した場合における推定混合比のいずれか一方を選択して、選択した推定混合比を混合比 $\alpha$ として背景成分生成部1021に供給する。

【0644】図90に示す背景成分生成部1021は、選択部1221から供給された混合比 $\alpha$ および任意の背景画像を基に、背景成分画像を生成して、混合領域画像合成部1022に供給する。

【0645】図90に示す混合領域画像合成部1022は、背景成分生成部1021から供給された背景成分画像と前景成分画像とを合成することにより、混合領域合成画像を生成して、生成した混合領域合成画像を画像合成部1023に供給する。

【0646】画像合成部1023は、領域情報を基に、前景成分画像、混合領域画像合成部1022から供給された混合領域合成画像、および任意の背景画像を合成して、合成画像を生成して出力する。

【0647】このように、合成部1201は、前景成分画像を、任意の背景画像に合成することができる。

【0648】なお、混合比 $\alpha$ は、画素値に含まれる背景の成分の割合として説明したが、画素値に含まれる前景の成分の割合としてもよい。

【0649】また、前景となるオブジェクトの動きの方向は左から右として説明したが、その方向に限定されないことは勿論である。

【0650】以上においては、3次元空間と時間軸情報を有する現実空間の画像をビデオカメラを用いて2次元空間と時間軸情報を有する時空間への射影を行った場合を例としたが、本発明は、この例に限らず、より多くの第1の次元の第1の情報を、より少ない第2の次元の第2の情報に射影した場合に、その射影によって発生する歪みを補正したり、有意情報を抽出したり、またはより自然に画像を合成する場合に適用することが可能である。

【0651】なお、センサは、CCDに限らず、固体撮像素子である、例えば、BBD (Bucket Brigade Device)、CID (Charge Injection Device)、CPD (Charge Priming Device)、またはCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサでもよく、また、検出素子がマトリクス状に配置されているセンサに限らず、検出素子が1列に並んでいるセンサでもよい。

【0652】本発明の信号処理を行うプログラムを記録した記録媒体は、図1に示すように、コンピュータとは別に、ユーザにプログラムを提供するために配布される、プログラムが記録されている磁気ディスク51 (フロッピー (登録商標) ディスクを含む)、光ディスク52 (CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disc)を含む)、光磁気ディスク53 (MD (Mini-Disc) (商標)を含む)、もしくは半導体メ

モリ54などよりなるパッケージメディアにより構成されるだけでなく、コンピュータに予め組み込まれた状態でユーザに提供される、プログラムが記録されているROM22や、記憶部28に含まれるハードディスクなどで構成される。

【0653】なお、本明細書において、記録媒体に記録されるプログラムを記述するステップは、記載された順序に沿って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

【0654】

【発明の効果】本発明の画像処理装置および方法、記録媒体、並びにプログラムによれば、画像データの各フレームが動き補償され、動き補償された各フレームの互いに対応する位置の画素データの差分に基づいて、混合領域が検出されるようにしたので、混ざり合いが生じている混合領域を検出することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る信号処理装置の一実施の形態を示す図である。

【図2】信号処理装置を示すブロック図である。

【図3】センサによる撮像を説明する図である。

【図4】画素の配置を説明する図である。

【図5】検出素子の動作を説明する図である。

【図6】動いている前景に対応するオブジェクトと、静止している背景に対応するオブジェクトとを撮像して得られる画像を説明する図である。

【図7】背景領域、前景領域、混合領域、カバードバックグラウンド領域、およびアンカバードバックグラウンド領域を説明する図である。

【図8】静止している前景に対応するオブジェクトおよび静止している背景に対応するオブジェクトを撮像した画像における、隣接して1列に並んでいる画素の画素値を時間方向に展開したモデル図である。

【図9】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図10】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図11】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図12】前景領域、背景領域、および混合領域の画素を抽出した例を示す図である。

【図13】画素と画素値を時間方向に展開したモデルとの対応を示す図である。

【図14】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図15】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図16】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図17】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図18】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図19】動きボケの量の調整の処理を説明するフローチャートである。

【図20】領域特定部103の構成を示すブロック図である。

【図21】領域特定部103のより詳細な構成を示すブロック図である。

【図22】動き取得部222の処理を説明する図である。

【図23】前景に対応するオブジェクトが移動しているときの画像を説明する図である。

【図24】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図25】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図26】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図27】領域判定の条件を説明する図である。

【図28】領域特定部103の領域の特定の結果の例を示す図である。

【図29】領域特定部103の領域の特定の結果の例を示す図である。

【図30】領域特定の処理を説明するフローチャートである。

【図31】領域特定の処理を説明するフローチャートである。

【図32】領域特定部103の他の構成を示すブロック図である。

【図33】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図34】領域特定オブジェクトの例を示す図である。

【図35】動き補償された領域特定オブジェクトの例を示す図である。

【図36】しきい値処理部255の処理の例を説明する図である。

【図37】時間変化検出部256の構成を説明するブロック図である。

【図38】時間変化検出部256の判定の処理を説明する図である。

【図39】時間変化検出部256の判定の処理を説明する図である。

【図40】混合領域の判定の条件を説明する図である。

【図41】領域特定部103の領域特定の処理を説明するフローチャートである。

【図42】カバードバックグラウンド領域またはアンカバードバックグラウンド領域を検出する処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図43】領域特定部103のさらに他の構成を示すブロック図である。

【図44】識別部281の判定の処理を説明する図である。

【図45】カバードバックグラウンド領域またはアンカバードバックグラウンド領域を検出する処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図46】混合比算出部104の構成の一例を示すブロック図である。

【図47】理想的な混合比 $\alpha$ の例を示す図である。

【図48】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図49】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図50】前景の成分の相関を利用した近似を説明する図である。

【図51】C、N、およびPの関係を説明する図である。

【図52】推定混合比処理部401の構成を示すブロック図である。

【図53】推定混合比の例を示す図である。

【図54】混合比算出部104の他の構成を示すブロック図である。

【図55】混合比の算出の処理を説明するフローチャートである。

【図56】推定混合比の演算の処理を説明するフローチャートである。

【図57】混合比 $\alpha$ を近似する直線を説明する図である。

【図58】混合比 $\alpha$ を近似する平面を説明する図である。

【図59】混合比 $\alpha$ を算出するときの複数のフレームの画素の対応を説明する図である。

【図60】混合比推定処理部401の他の構成を示すブロック図である。

【図61】推定混合比の例を示す図である。

【図62】カバードバックグラウンド領域に対応するモデルによる混合比推定の処理を説明するフローチャートである。

【図63】前景背景分離部105の構成の一例を示すブロック図である。

【図64】入力画像、前景成分画像、および背景成分画像を示す図である。

【図65】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図66】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図67】画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図68】分離部601の構成の一例を示すブロック図である。

【図69】分離された前景成分画像、および背景成分画像の例を示す図である。

【図70】前景と背景との分離の処理を説明するフローチャートである。

【図71】動きボケ調整部106の構成の一例を示すブロック図である。

【図72】処理単位を説明する図である。

【図73】前景成分画像の画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図74】前景成分画像の画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図75】前景成分画像の画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図76】前景成分画像の画素値を時間方向に展開し、シャッター時間に対応する期間を分割したモデル図である。

【図77】動きボケ調整部106の他の構成を示す図である。

【図78】動きボケ調整部106による前景成分画像に含まれる動きボケの量の調整の処理を説明するフローチャートである。

【図79】動きボケ調整部106の構成の他の一例を示すブロック図である。

【図80】画素値と前景の成分のとの対応を指定するモデルの例を示す図である。

【図81】前景の成分の算出を説明する図である。

【図82】前景の成分の算出を説明する図である。

【図83】前景の動きボケの除去の処理を説明するフローチャートである。

【図84】信号処理装置の機能の他の構成を示すブロック図である。

【図85】合成部1001の構成を示す図である。

【図86】信号処理装置の機能のさらに他の構成を示すブロック図である。

【図87】混合比算出部1101の構成を示すブロック図である。

【図88】前景背景分離部1102の構成を示すブロック図である。

【図89】信号処理装置の機能のさらに他の構成を示すブロック図である。

【図90】合成部1201の構成を示す図である。

【符号の説明】

21 CPU, 22 ROM, 23 RAM, 26 入力部, 27 出力部, 28 記憶部, 29 通信部, 51 磁気ディスク, 52 光ディスク, 53 光磁気ディスク, 54 半導体メモリ, 101 オブジェクト抽出部, 102 動き検出部, 103 領域特定部, 104 混合比算出部, 105 前景背景分離部, 106 動きボケ調整部, 107 選択部, 201 背景動き補償部, 202 領域特定処理部, 221 フレームメモリ, 222-1乃至222-4 動き取得部, 223-1乃至223-4 画像シフト部, 224 フレームメモリ, 225-1乃至225-4 静動判定部, 226-1乃至226-3 領域判定部, 227 判定フラグ格納フレームメモリ, 228 合成部, 229 判定フラグ格納フレームメモリ, 251 オブジェクト抽出部, 252 動き補償部, 253 フレームメモリ, 254 減算部, 255 しきい値処理部, 256 時間変化検出部, 261 フレームメモリ, 262 領域判定部, 281 識別部, 401 推定混合比処理部, 402 推定混合比処理部, 403 混合比決定部, 421 フレームメモリ, 422 フレームメモリ, 423 混合比演算部, 441 選択部, 442 推定混合比処理部, 443 推定混合比処理部, 444 選択部, 501 遅延回路, 502 足し込み部, 503 演算部, 601 分離部, 602 スイッチ, 603 合成部, 604 スイッチ, 605 合成部, 621 フレームメモリ, 622 分離処理ブロック, 623 フレームメモリ, 631 アンカバード領域処理部, 632 カバード領域処理部, 633 合成部, 634 合成部, 801 処理単位決定部, 802 モデル化部, 803 方程式生成部, 804 足し込み部, 805 演算部, 806 動きボケ付加部, 807 選択部, 821 選択部, 901 処理単位決定部, 902 モデル化部, 903 方程式生成部, 904 演算部, 905 補正部, 906 動きボケ付加部, 907 選択部, 1001 合成部, 1021 背景成分生成部, 1022 混合領域画像合成部, 1023 画像合成部, 1101 混合比算出部, 1102 前景背景分離部, 1121 選択部, 1201 合成部, 1221 選択部



【図1】

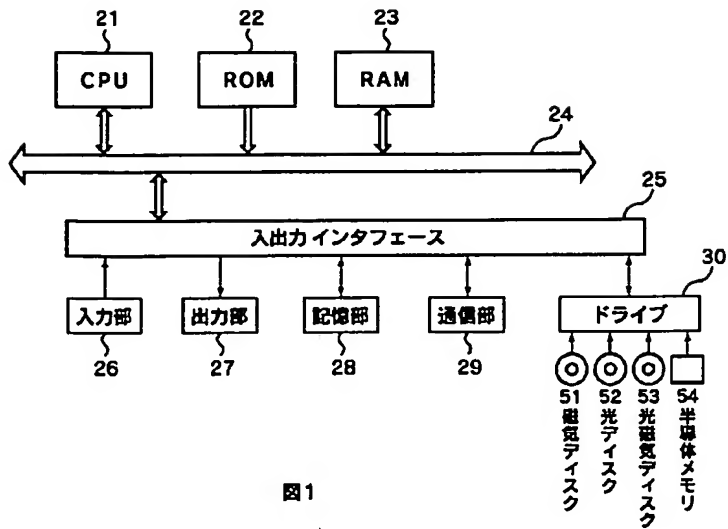


図1

【図2】

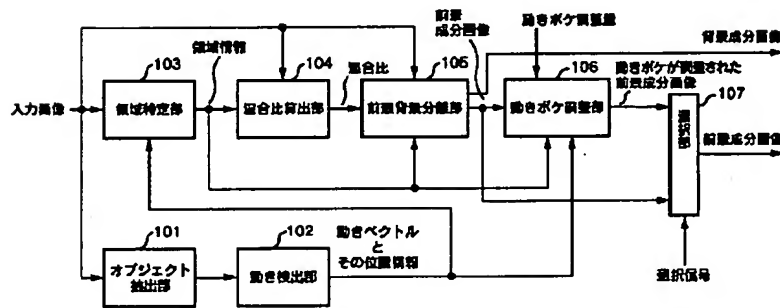
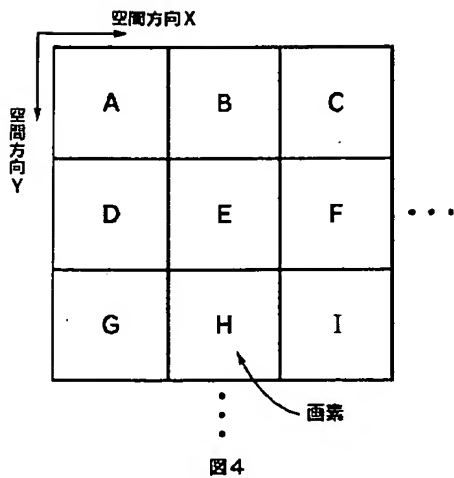
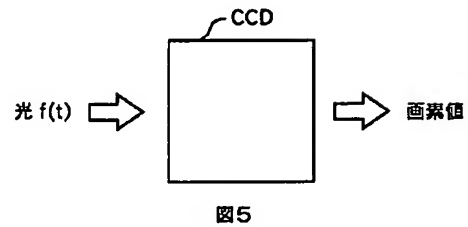


図2

【図4】



【図5】



【図3】

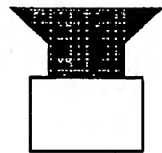
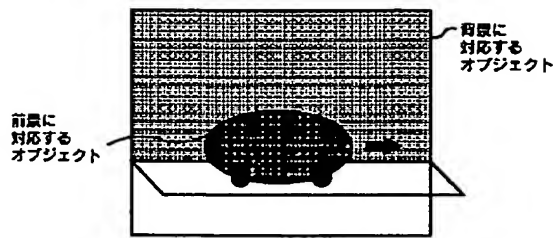


図3

【図7】

領域		説明
背景領域		静止部分
前景領域		動き部分
混合領域	カバードバックグラウンド領域	背景から前景に変化する部分
	アンカバードバックグラウンド領域	前景から背景に変化する部分

図7

【図9】

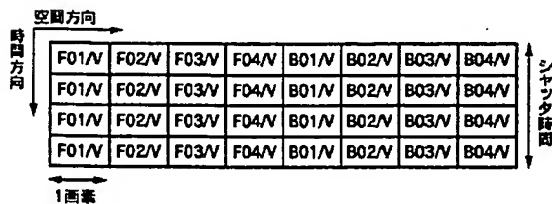


図9

【図11】

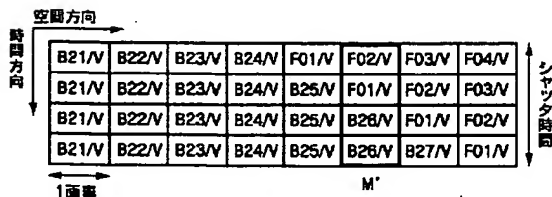


図11

【図6】

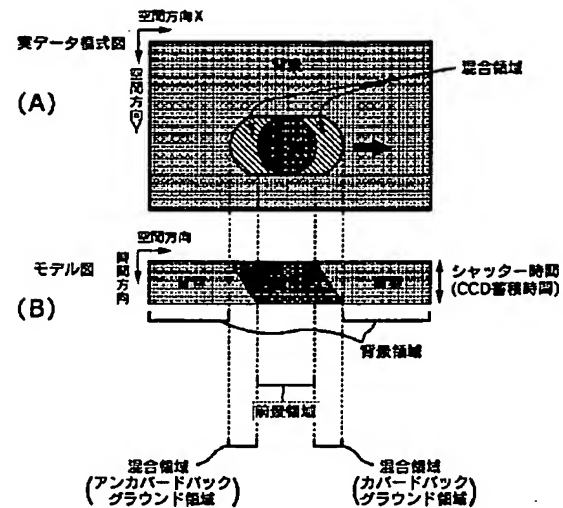


図6

【図8】

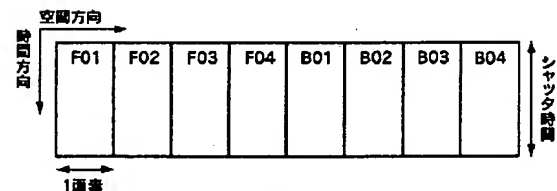


図8

【図10】

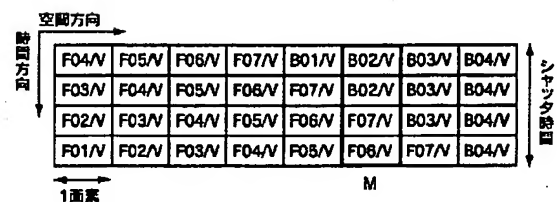


図10

【図12】

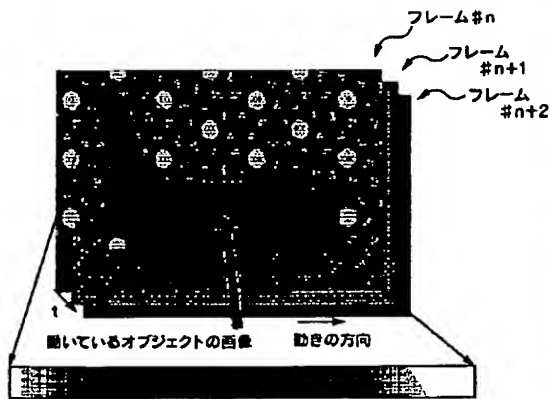


図12

【図28】

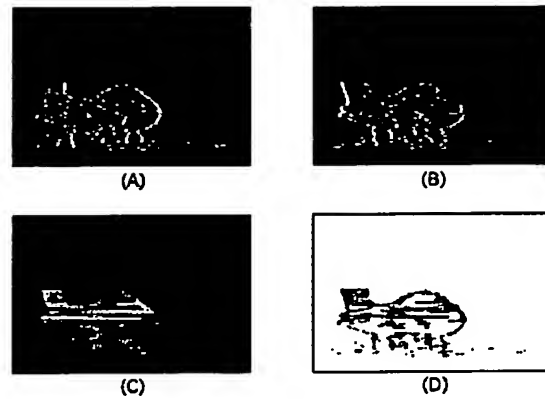


図28

【図13】

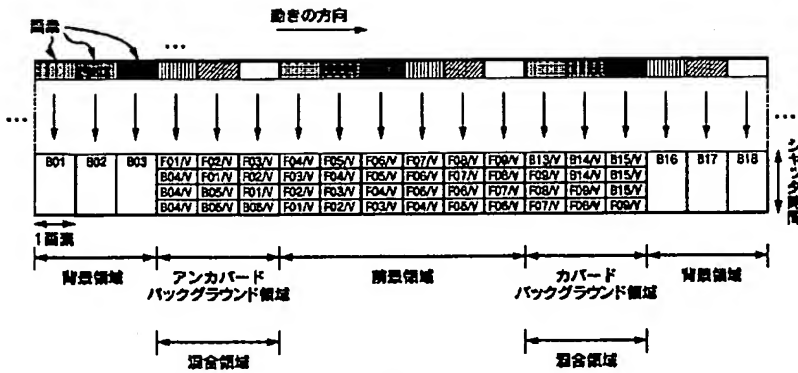


図13

【図29】



図29

【図14】

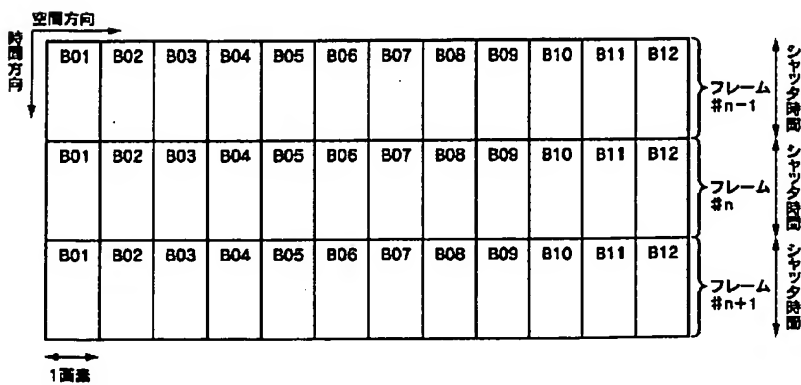


図14

【図15】

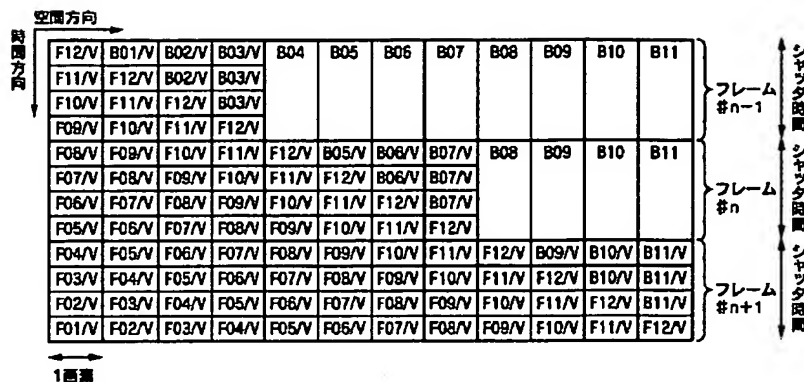


図15

【図16】

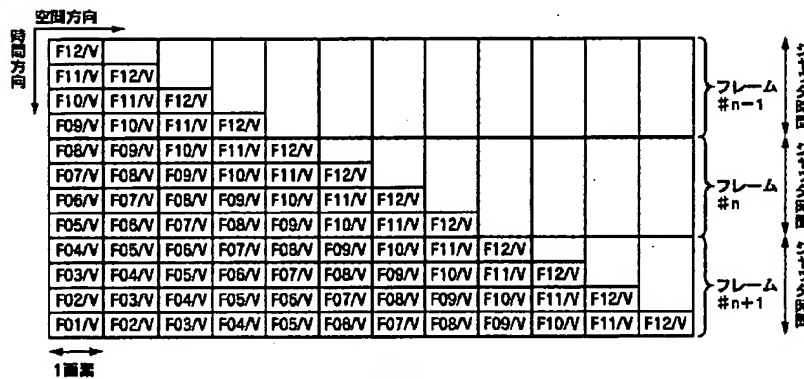


図16

【図17】

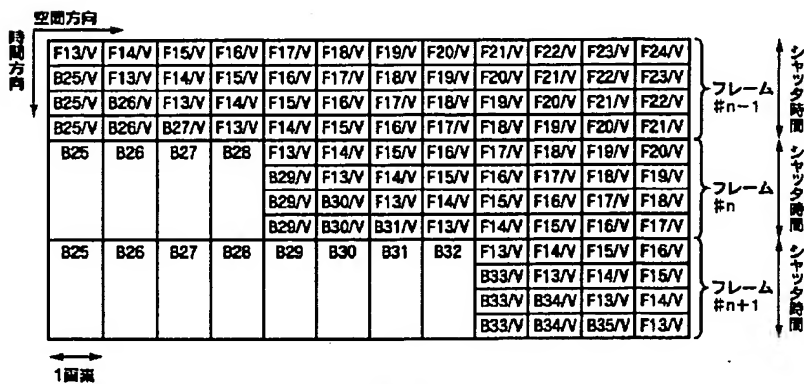


図17

【図18】

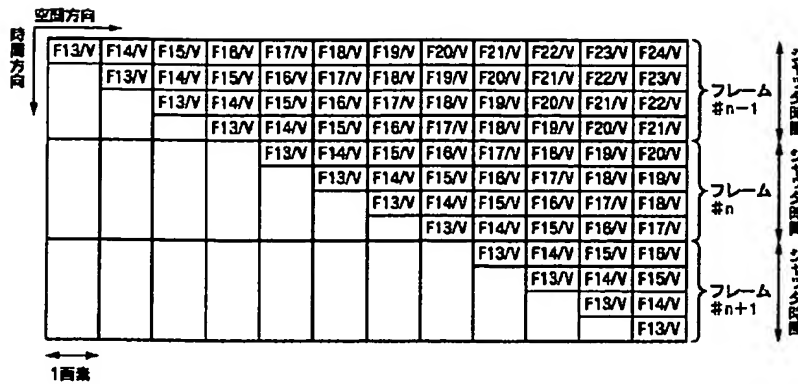


図18

【図19】

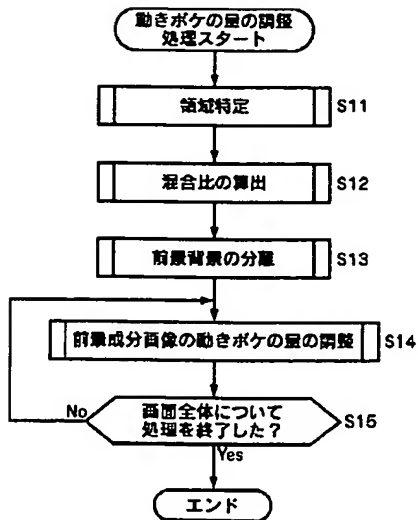


図19

【図20】

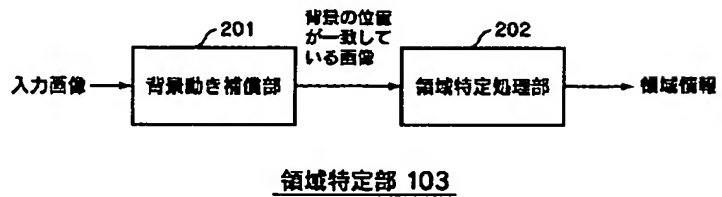


図20

【図22】

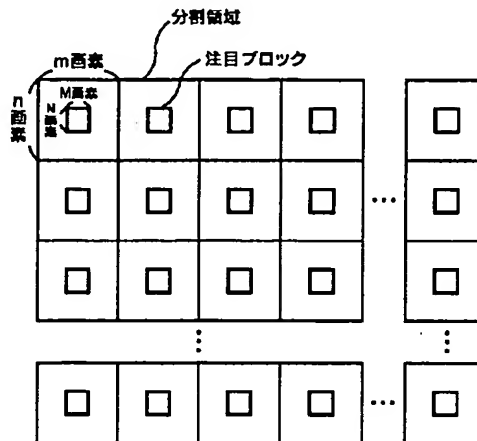


図22

【図21】

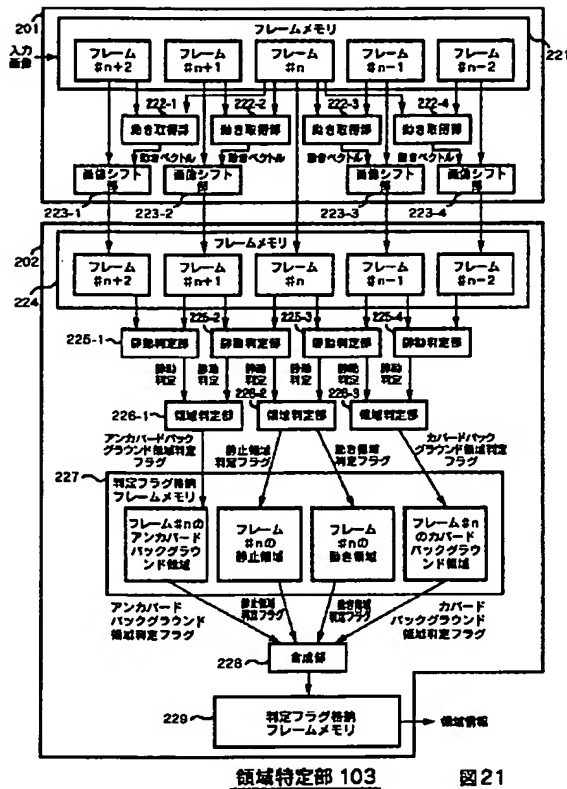


図21

【図23】

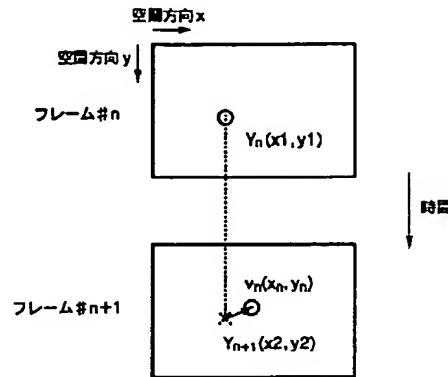


図23

【図24】

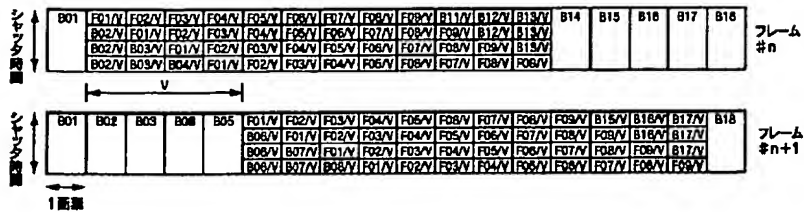


図24

【図27】

領域判定	フレーム#n-2とフレーム#n-1との 動き判定	フレーム#n-1とフレーム#nとの 動き判定	フレーム#nとフレーム#n+1との 動き判定	フレーム#n+1とフレーム#n+2との 動き判定
カバードバックグラウンド領域判定	静止	動き	-	-
静止領域判定	-	静止	静止	-
動き領域判定	-	動き	動き	-
アンカバードバックグラウンド領域判定	-	-	動き	静止

図27



【図25】

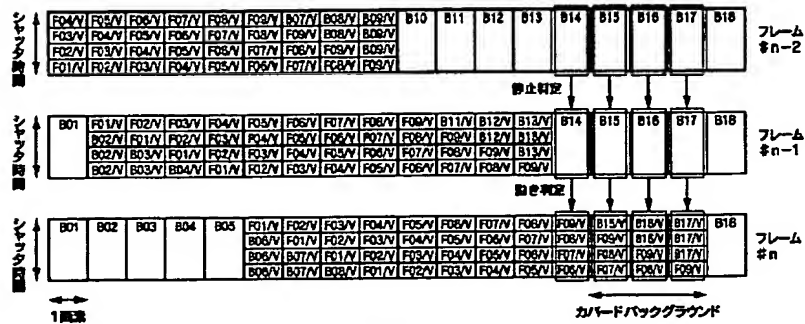


図 25

【図26】

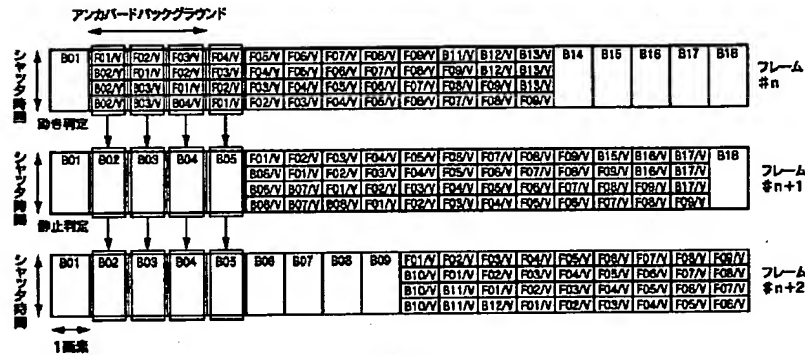
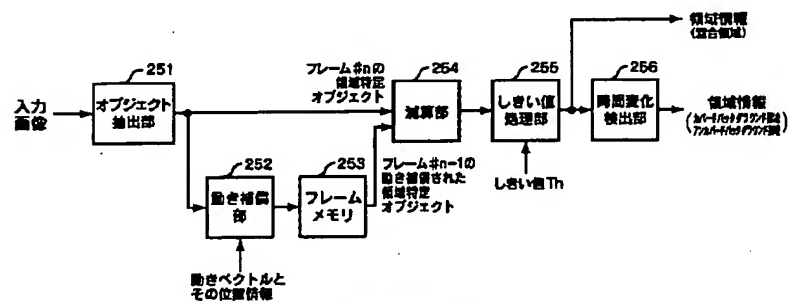


図 26

【図32】



領域特定部 103

図 32

【図40】

	カードバックグラウンド領域	アンカバードバックグラウンド領域
フレーム #n-1	背景	前景

図 40

【図30】

(30-1)

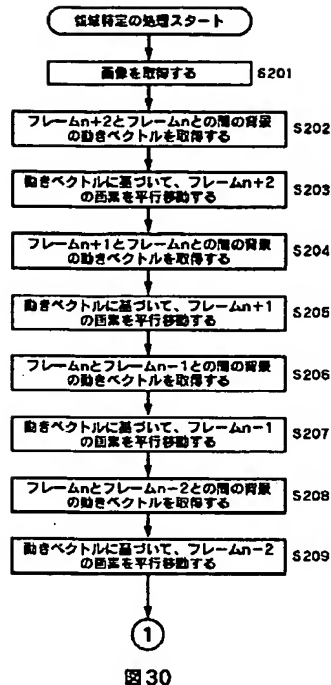


図30

【図31】

(30-2)



図31

【図33】

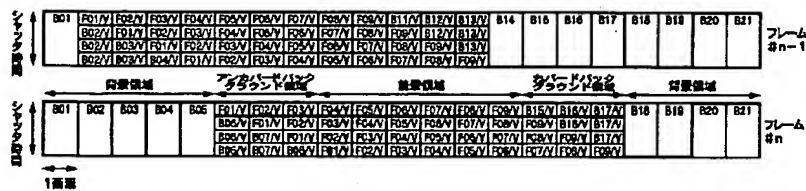


図33

【図34】

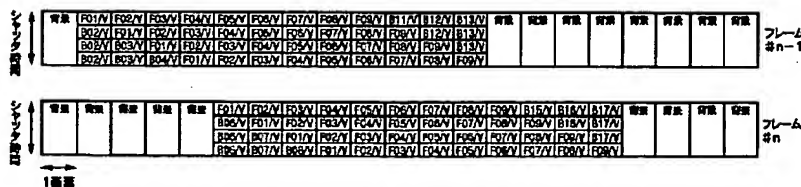
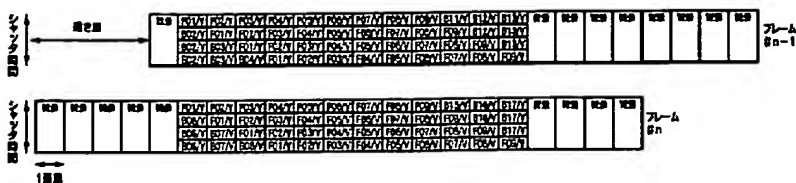


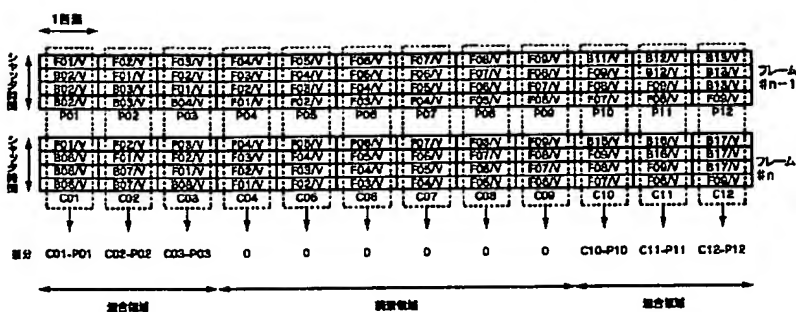
図34

【图35】



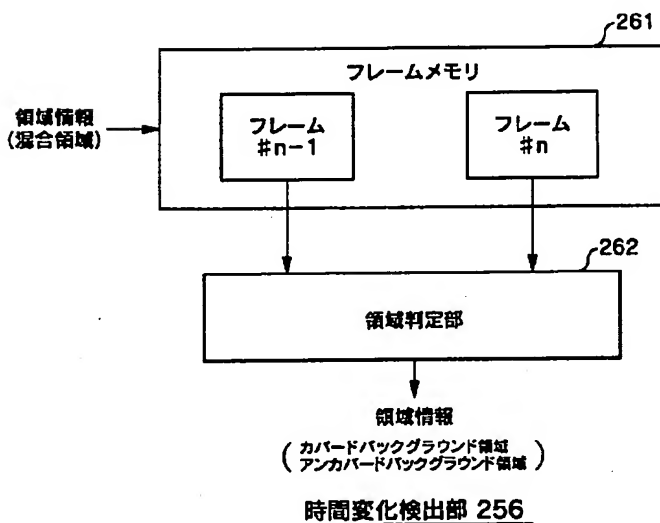
**图 35**

【图36】



**图 36**

【図37】



**37**

【図41】

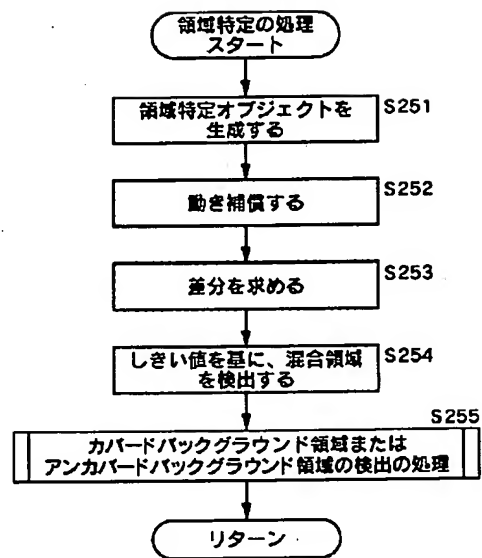


图 41

【図38】

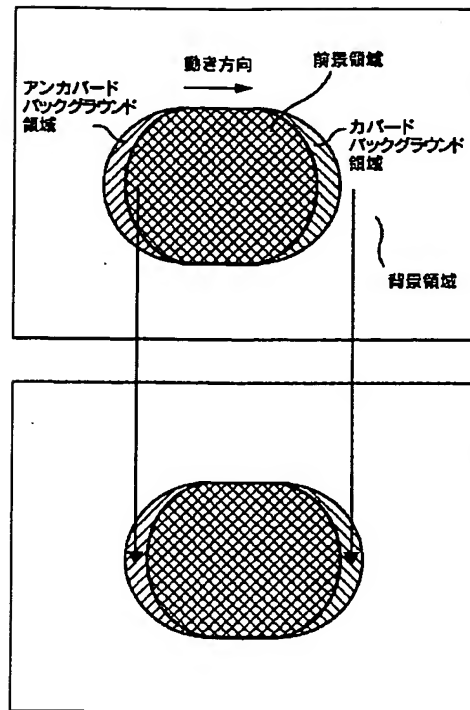


図38

【図39】

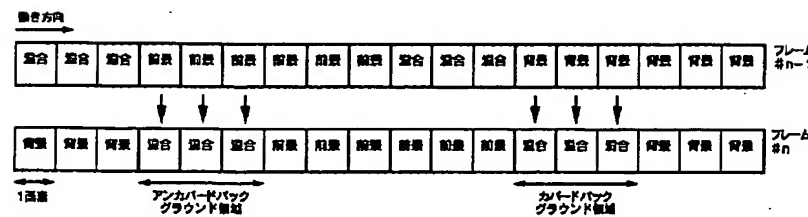


図39

【図46】

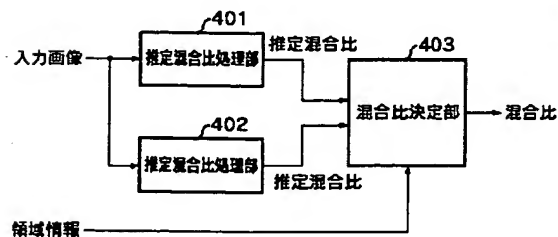


図46

【図42】

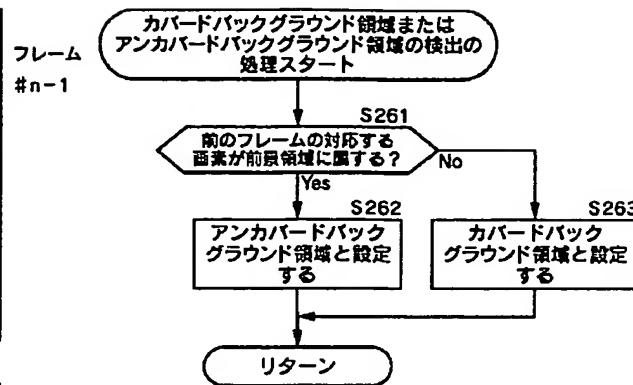


図42

【図56】

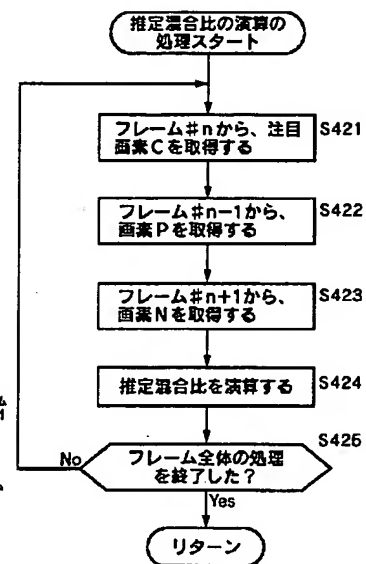


図56

【図47】

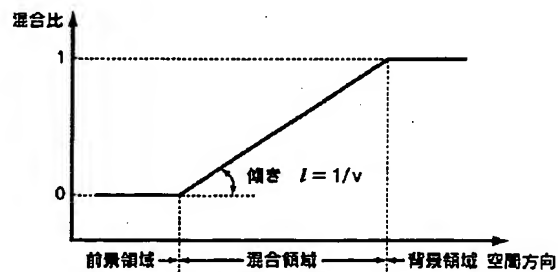
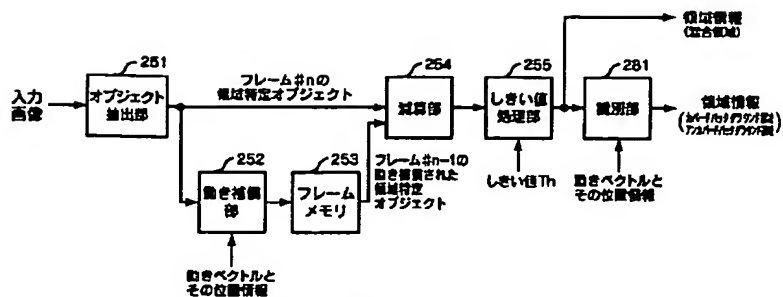


図47

【図43】



領域特定部 103

**图 43**

【图44】

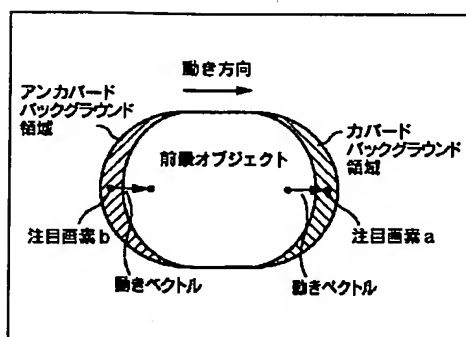
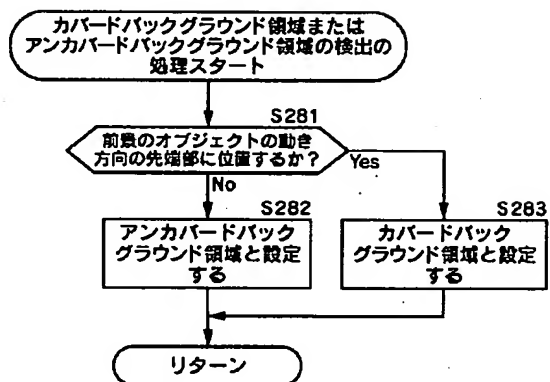


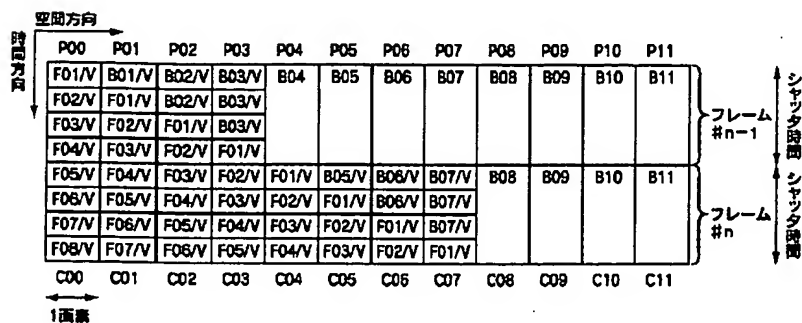
图 44

【図45】



**图 45**

【例48】



**圖 48**

【図49】

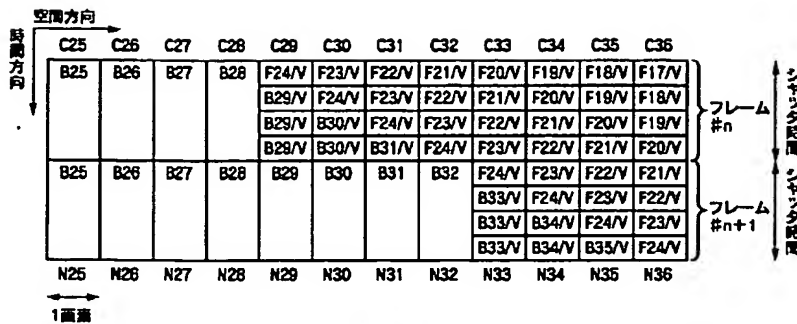


図49

【図50】

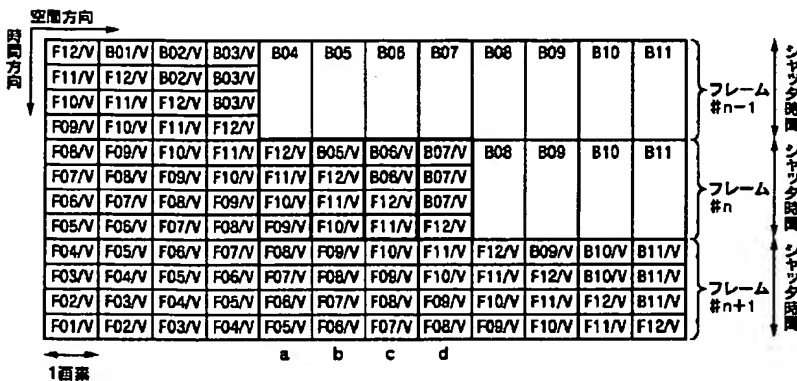


図50

【図51】

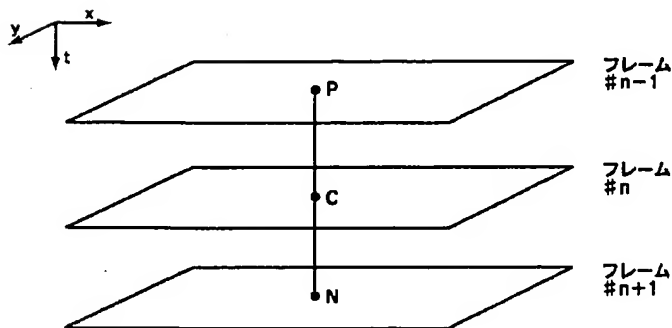


図51

【図55】

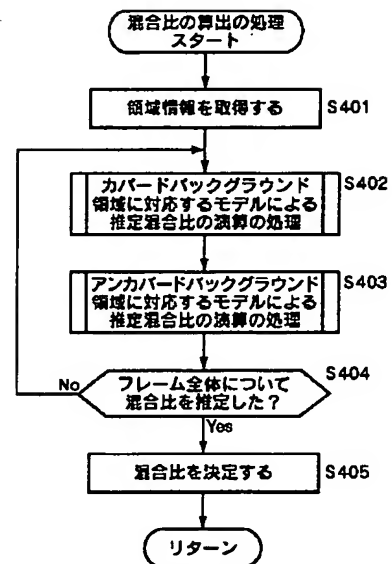


図55



【図52】

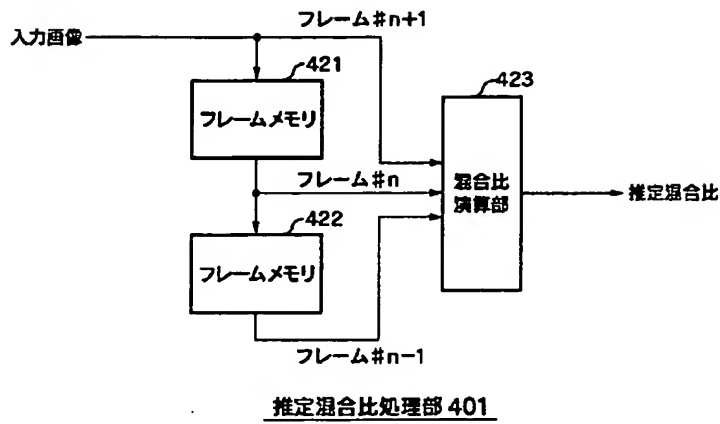


図52

【図62】

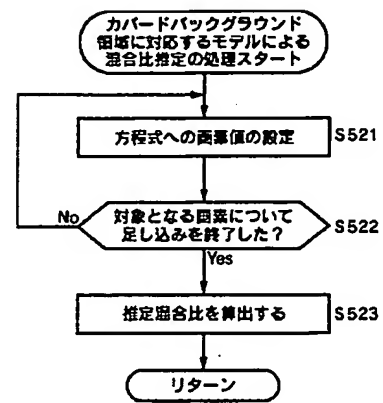


図62

【図53】

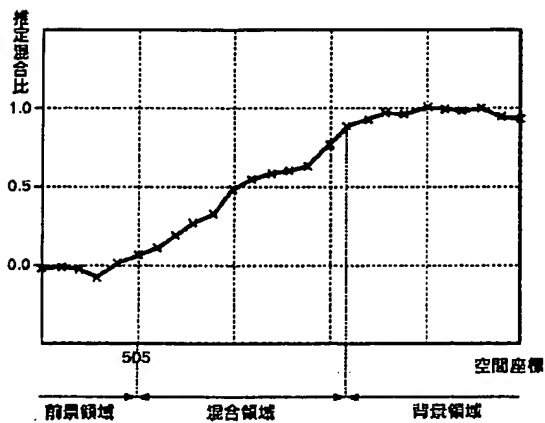


図53

【図57】

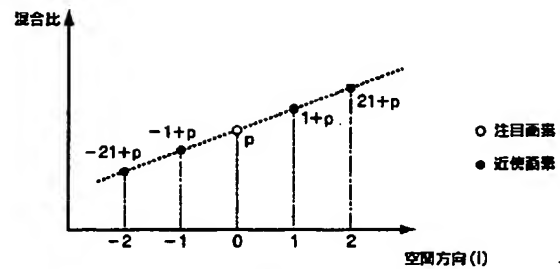


図57

【図61】

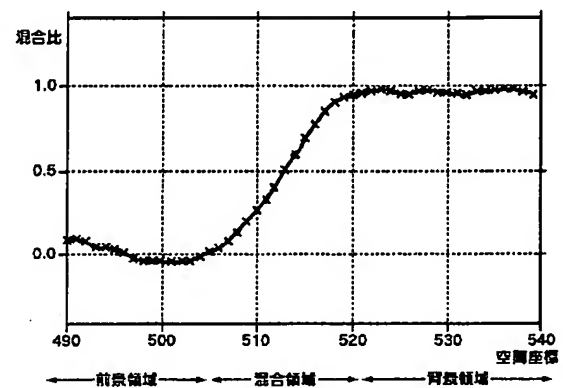


図61

【図58】

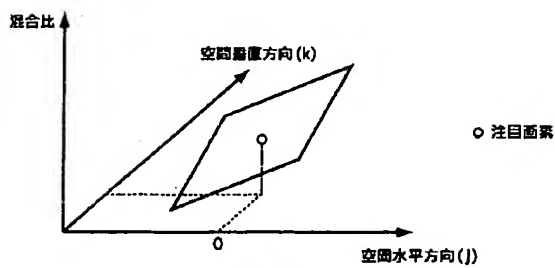


図58

【図54】

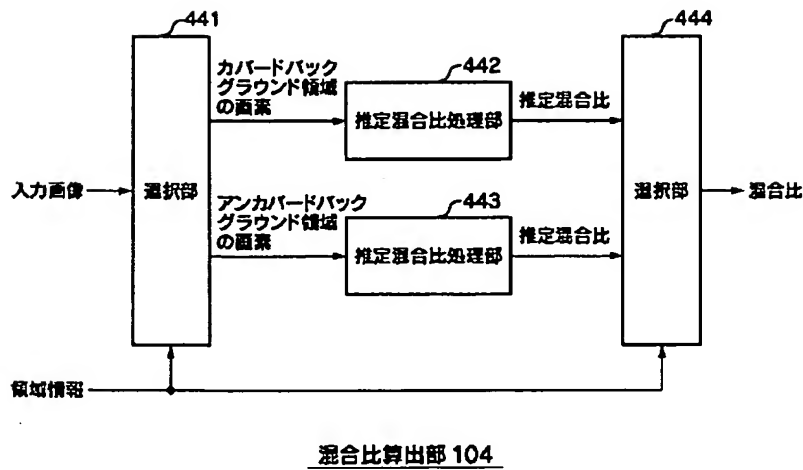


図54

【図59】

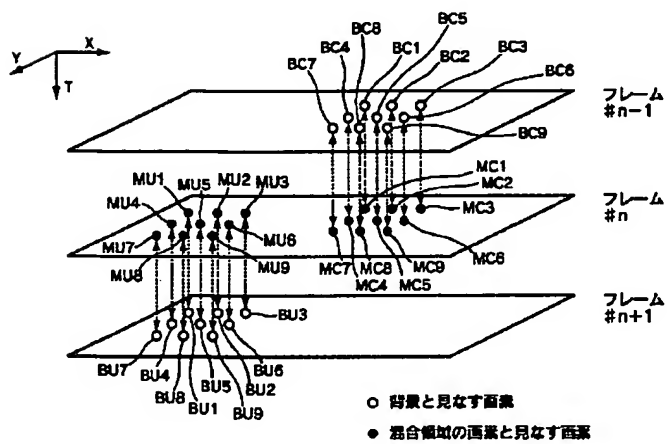


図59

【図60】

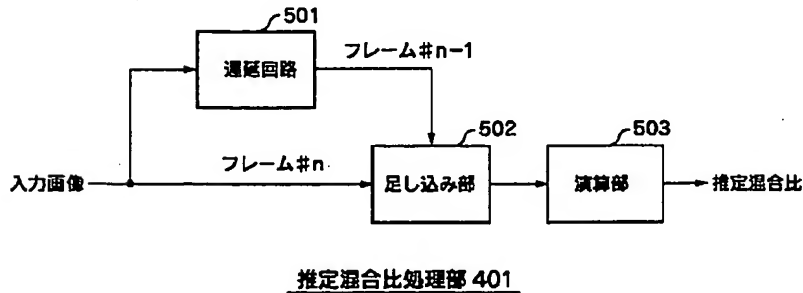


図60

【図70】

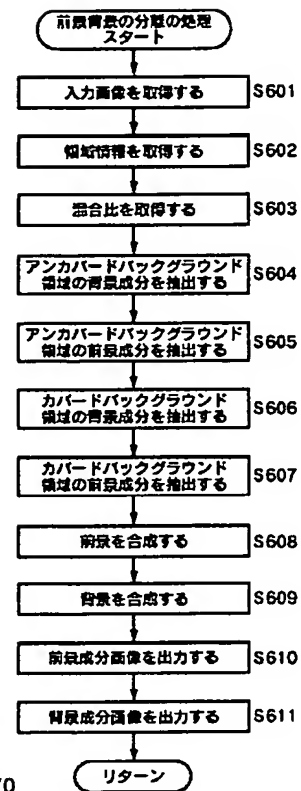
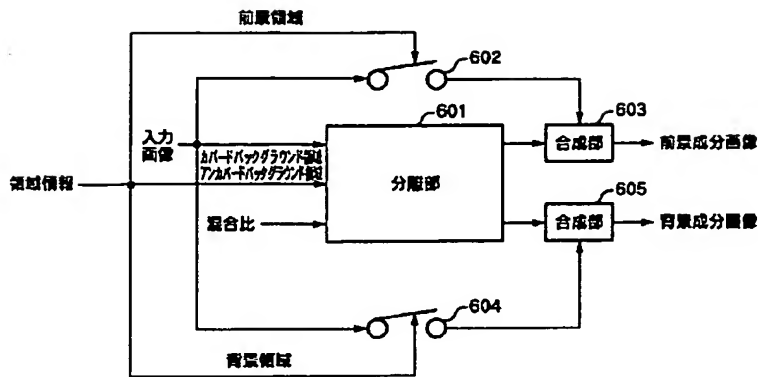


図70

【図63】



前景背景分離部 105

図 63

【図64】

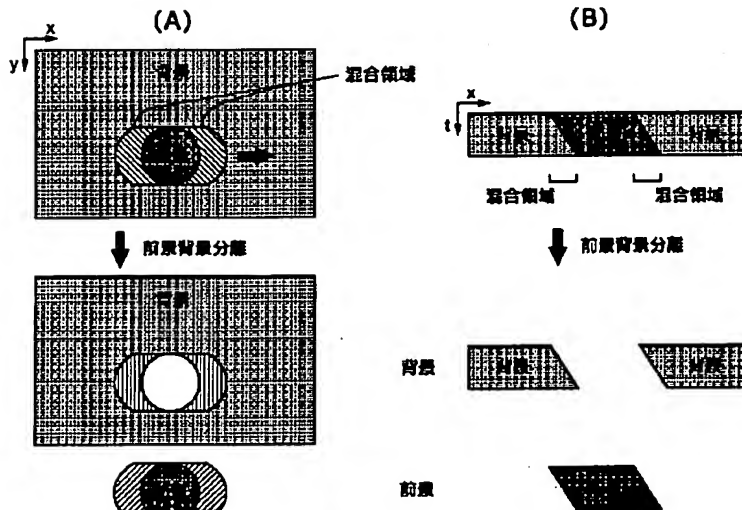


図 64

【図65】

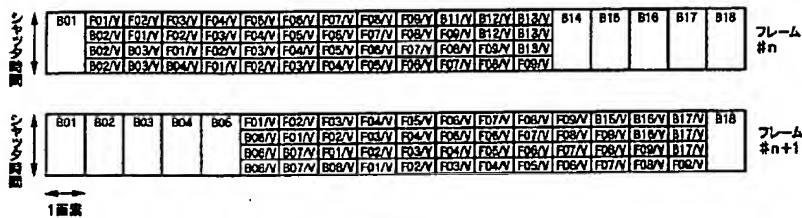


図 65

【図78】

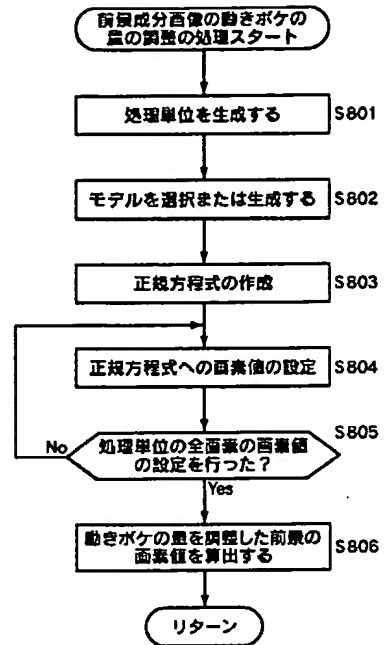


図 78

80

【図68】

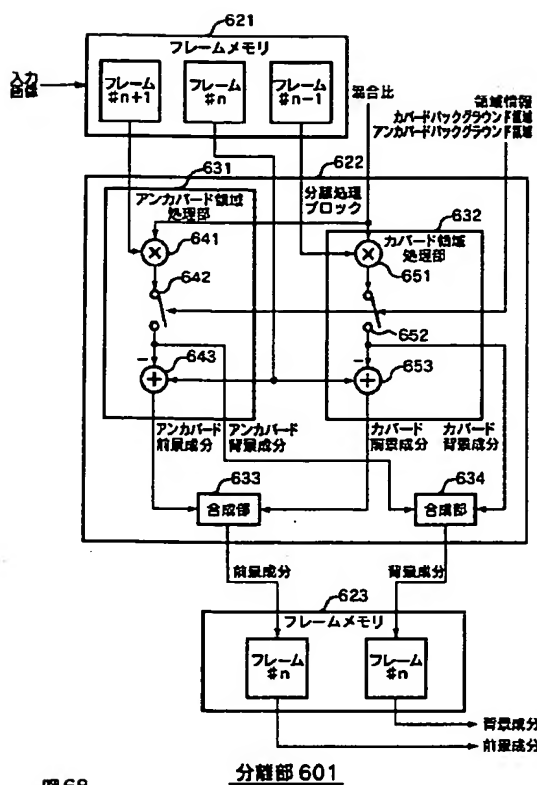


図 68

【図72】



図 72

【図76】

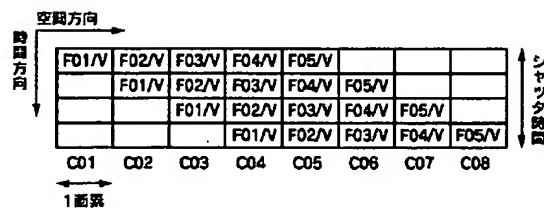


図 76

【図71】

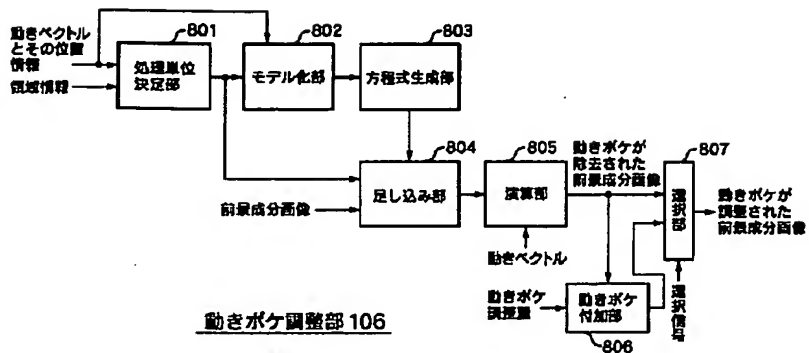


図 71

【図73】

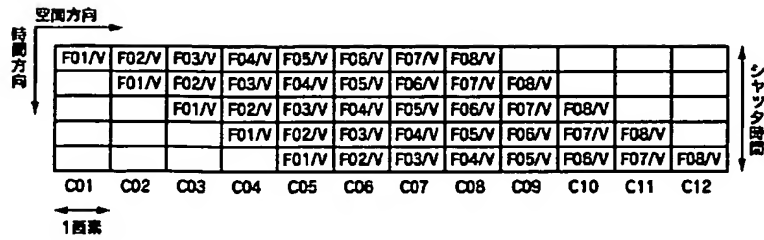


図73

【図74】

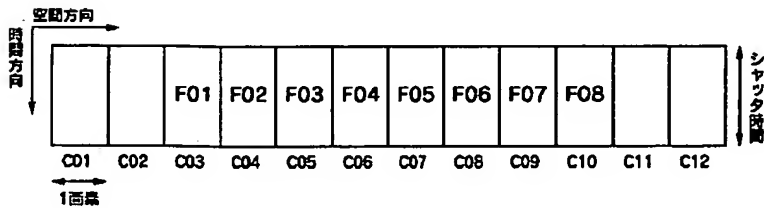


図74

【図75】

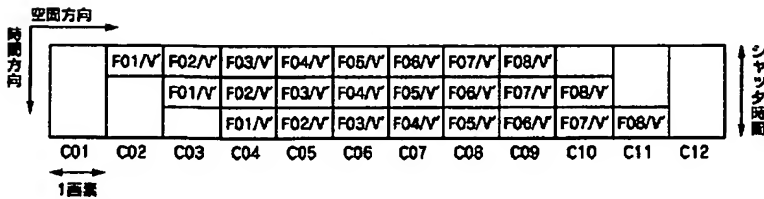
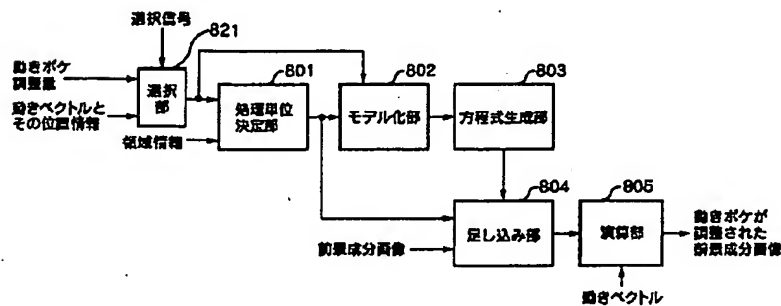


図75

【図77】



動きボケ調整部106

図77

【図83】

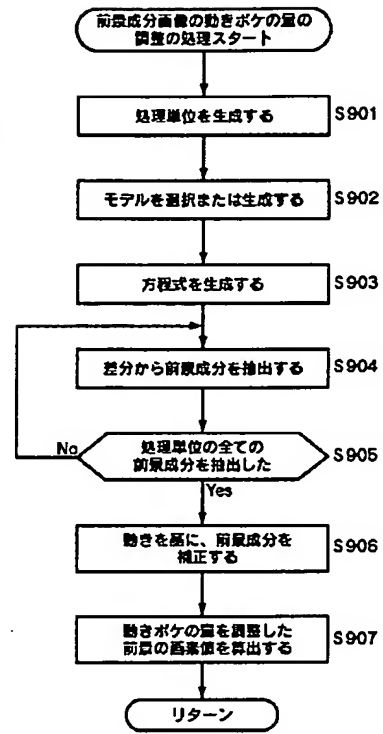


図83

【図79】

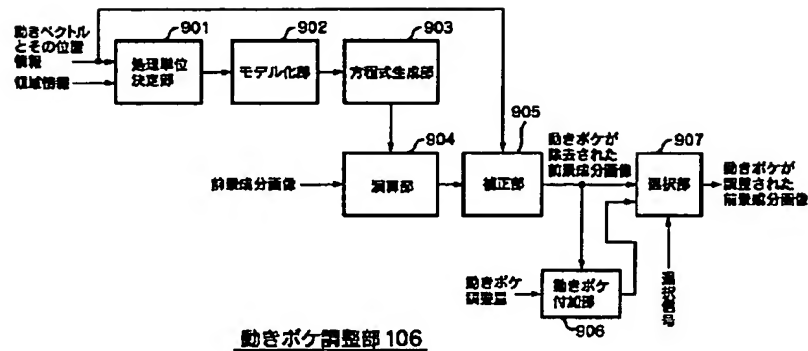


図79

【図81】

F01/V	F02/V	F03/V	F04/V									
	F01/V	F02/V	F03/V									
		F01/V	F02/V									
			F01/V									
				F01/V	F02/V	F03/V	F04/V	F05/V	F06/V	F07/V	F08/V	
C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11	C12	

図81

【図82】

F01/V	F02/V	F03/V	F04/V									
	F01/V	F02/V	F03/V									
		F01/V	F02/V									
			F01/V									
				F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	
C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11	C12	

図82

【図84】

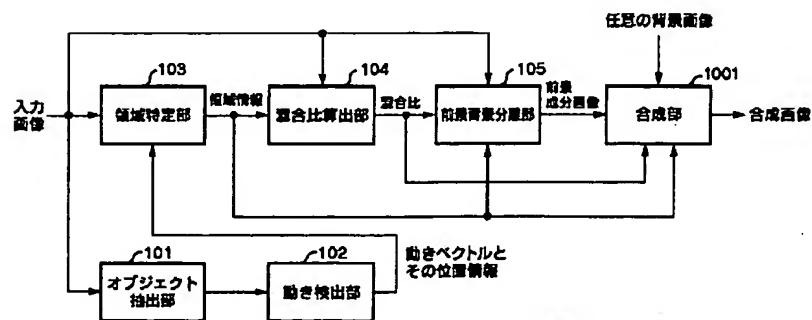
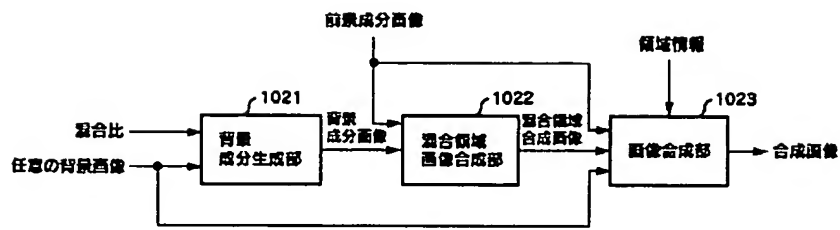


図84



【図85】



合成部 1001

図85

【図86】

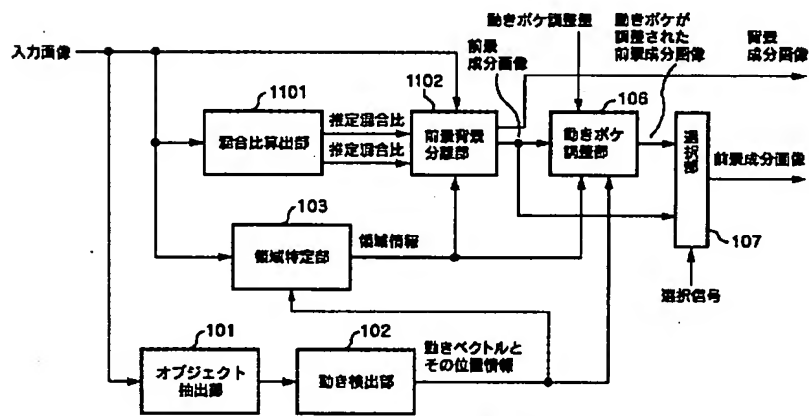


図86

【図87】

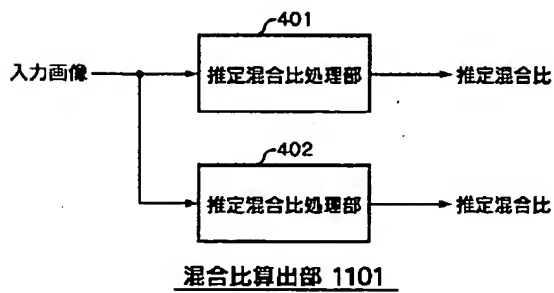
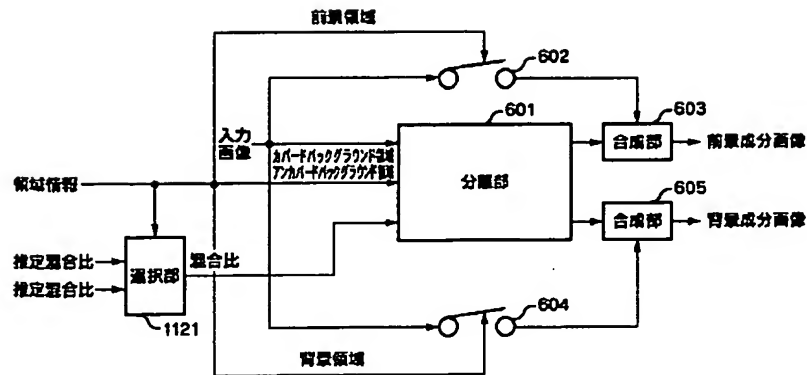


図87

【図88】



前景背景分離部 1102

図88

【図89】

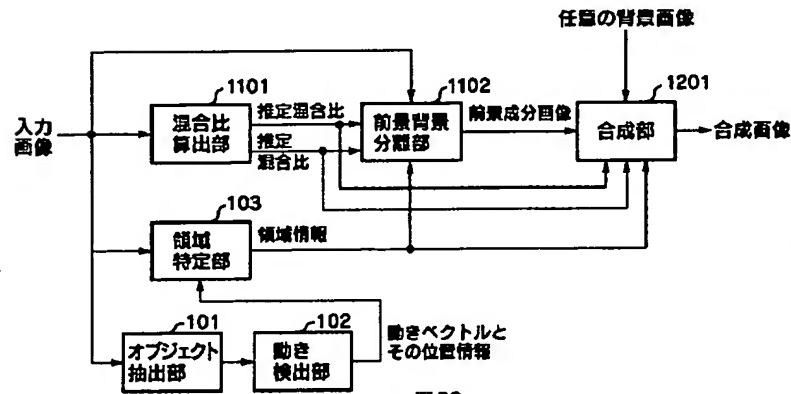
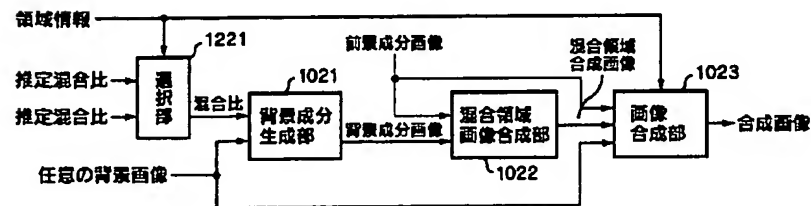


図89

【図90】



合成部 1201

図90

フロントページの続き

(72)発明者 沢尾 貴志  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内  
(72)発明者 永野 隆浩  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内  
(72)発明者 藤原 直樹  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

(72)発明者 三宅 徹  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内  
(72)発明者 和田 成司  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内  
Fターム(参考) 5B057 BA02 CA12 CA16 DA06 DB02  
DC32  
5C023 AA06 AA07 BA03 BA04 CA02  
DA02 DA03 DA08  
5C059 NN01 NN21 NN23 NN39 NN41  
PP26 PP28 PP29 SS20  
5L096 CA02 GA08 HA01

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**